

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 3 2025 (МАРТ)

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
<http://www.nauteh-journal.ru>

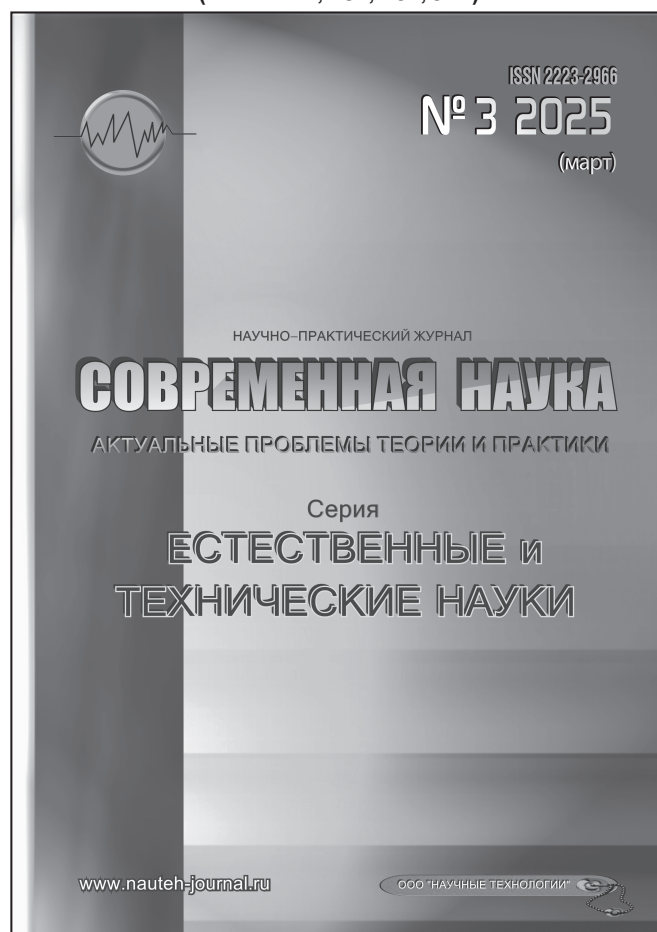
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(БАК — 1.1.2, 1.5.x, 2.3.x, 3.1.x)



В НОМЕРЕ:

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

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

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

Журнал отпечатан в типографии
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296
Подписано в печать 11.03.2025 г. Формат 84x108 1/16
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



Редакционный совет

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Кулик Сергей Дмитриевич — д.т.н., 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

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Общая биология

Авраменко М.В., Борздыко Е.В., Долганова М.В., Чиграй О.Н. — Прикладные результаты аэропалинологических исследований в экодиагностике
Avramenko M., Borzdyko E., Dolganova M., Chigray O. — Applied results of aeropalinological research in ecodiagnosics7

Бебякова Н.А., Левицкий С.Н., Давыдова Н.Г., Галиева А.С., Жиборт Е.Л. — Сочетанное влияние полиморфных аллелей гена EDN1 (rs5370) и NOS3 (rs2070774) на показатели индекса КПУ
Bebyakova N., Levitsky S., Davydova N., Galieva A., Zhibort E. — Combination of polymorphic alleles of the EDN1 (rs5370) and NOS3 (rs2070774) genes on DMF index indices11

Информатика, вычислительная техника и управление

Аль жанзир Зуалфекар Муниф — Улучшение изображений в оттенках серого путем разработки линейной интерполяции с использованием алгоритма Firefly
Al Janzeer Zualfekar Munif — Enhancing Grayscale Images by Developing Linear Interpolation Using Firefly Algorithm16

Атласов И.В., Плотников Г.Г., Елин В.М. — Оценка эффективности работы антивирусной программы, обеспечивающей информационную безопасность от быстроразмножающихся вредоносных программ
Atlasov I., Plotnikov G., Elin V. — Evaluation of the effectiveness of an antivirus program that ensures information security from rapidly multiplying malware22

Ахмедова З.Х., Гаджиев А.М., Меджидов З.У., Гаджиев М.А. — Распознавание снимков магнитно-резонансной томографии с применением интеллектуальных систем
Akhmedova Z., Gadzhiev A., Medzhidov Z., Gadzhiev M. — Recognition of magnetic resonance images using intelligent systems28

Бектимиров А.А., Ромашкова О.Н., Чискидов С.В. — Модели процесса оказания государственных услуг МЧС России с применением технологии многомодального взаимодействия
Bektimirov A., Romashkova O., Chiskidov S. — Models of the process of rendering public services to the ministry of emergency situations of Russia using the technology of multimodal interaction33

Валиев Р.Р., Головин И.Н., Пономарёв Н.А., Абдюшева А.Д. — Управление аппаратными ресурсами операционной системы на основе логических интегральных схем
Valiev R., Golovin I., Ponomarev N., Abdysheva A. — Management of hardware resources of the operating system based on logical integrated circuits41

Веселов Д.И. — Обзор математических моделей и алгоритмов нейросетевого распознавания зон интереса на основе анализа радиологической информации
Veselov D. — Research of mathematical models and algorithms of neural network recognition and cognitive visualization of areas of interest based on the analysis of medical radiological information48

Волоцкова Р.Р. — Применение технологий роевого интеллекта в обработке космической информации спутников-картографов
Volotskova R. — Application of swarm intelligence technologies in space information processing mapping satellites53

Горбунов А.Н., Кузнецова М.Н. — Автоматизация закупок: инновационные технологии в управлении знаниями
Gorbunov A., Kuznetsova M. — Procurement automation: innovative technologies in knowledge management56

Горячкин Б.С., Паршева О.А., Канаев А.А. — Особенности применения Low-code платформы в технологии проектирования информационной системы пользователями с разным уровнем подготовки

Goryachkin B., Parsheva O., Kanaev A. — Peculiarities of Low-code platform application in the technology of information system design by users with different level of training.60

Карви Д.К.Д., Польщиков К.А. — Алгоритм выбора числа беспроводных каналов для управления выпасом животных на основе интернета вещей и мультикоптеров

Karwi J.Q.J., Polshchikov K. — Algorithm for selecting the number of wireless channels for animal grazing control based on the internet of things and multicopters68

Корендясев С.В., Ромашкова О.Н., Каптерев А.И. — Алгоритмы автоматизированного управления рисками в цикле переработки радиационного вторичного сырья

Korendyasev S., Romashkova O., Kapterev A. — Automated risk management algorithms in the recycling cycle radiation secondary raw materials74

Королева А.Ш., Ромашкова О.Н. — Возможности применения SaaS — решений в телекоммуникационных компаниях

Koroleva A., Romashkova O. — The possibilities of using SaaS solutions in telecommunications companies79

Крепак И. — Обнаружение актов интернет-агрессии в социальных сетях с помощью алгоритмов интеллектуального анализа данных

Krepak I. — Internet aggression acts detection in social networks using data mining algorithms83

Маганков К.С., Рябцев Н.П., Юркова О.Н. — Интерактивные IT-решения для повышения вовлеченности посетителей зоопарков

Magankov K., Ryabtsev N., Yurkova O. — Interactive IT solutions for enhancing visitor engagement in zoos87

Моляков А.С. — Новый системно-архитектурный подход в области создания доверенной среды вычислений стационарных и бортовых суперкомпьютеров

Molyakov A. — New system-architectural approach in the field of creating a trusted computing environment for stationary and on-board supercomputers91

Мыськив И.И., Попов И.Ю., Заколдаев Д.А. — Методы оценки и верификации функциональной безопасности системы восприятия беспилотных железнодорожных транспортных средств

Myiskiv I., Popov I., Zakoldaev D. — Methods for assessing and verifying the functional safety of unmanned rail vehicle perception systems96

Новикова А.С., Ромашкова О.Н. — Анализ методов управления результатами внутреннего аудита в корпоративном секторе

Novikova A., Romashkova O. — Analysis of methods for managing internal audit results in the corporate sector 101

Олимпиев С.А., Неклюдов А.В. — Численные методы моделирования режимных карт турбинных установок тепловых электростанций

Olimpiev S., Neklyudov A. — Numerical methods of modeling of mode maps of turbine units of thermal power plants 108

Первушкина А.А., Сахаров Д.В., Бегаев А.Н., Кривцов С.П. — Оптимизация управления процессом обеспечения информационной безопасности в наземной информационно-телекоммуникационной сети среднеорбитальной системы спутниковой связи «СКИФ»

Pervushkina A., Sakharov D., Begaev A., Krivtsov S. — Optimization of the management of the information security process in the ground-based information and telecommunications network of the medium-orbit satellite communication system «SKIF» 112

Русаков А.М. — Интеллектуальная самообучающаяся система распознавания лиц

Rusakov A. — Intelligent self-learning facial recognition system 121

Яковлев А.М., Свищёв А.В. — Интеграция информационных систем для оптимизации процессов взаимодействия с поставщиками в малом бизнесе в области розничной продажи стройматериалов

Yakovlev A., Svishchev A. — Integration of information systems for optimizing interaction processes with suppliers in small businesses in the field of retail sales of construction materials 128

Клиническая медицина

Азизова Д.А., Хаирутдинова А.Р., Абузов А., Разин Н. — Выбор между костной пластикой и хирургическими шаблонами при дентальной имплантации
Azizova D., Khairutdinova A., Abuzov A., Razin N. — The choice between bone grafting and surgical templates for dental implantation 139

Алиева А.З., Эседова А.Э., Алиева У.Б., Дибиров Т.М., Биярсланова А.А. — Цитохимические сдвиги популяций лимфоцитов крови у беременных женщин с гипотиреозом
Alieva A., Esedova A., Alieva U., Dibirov T., Biyarlanova A. — Cytochemical shifts in blood lymphocyte populations in pregnant women with hypothyroidism 144

Васильева И.Я. — Сравнительный анализ эффективности ММГ +Т, УЗИ и МРТ
Vasilyeva I. — Comparative analysis of the efficiency of MMG + T, ultrasonography, and MRI 149

Васильева И.Я. — Атипичные формы злокачественных новообразований молочной железы: неконтрастный рак
Vasilyeva I. — Atypical forms of malignant neoplasms of the breast: non-contrast cancer 154

Волков К.А., Афанасьева Г.А., ПолUTOва Н.В., Полиданов М.А., ПолUTOв В.Э. — Особенности и механизмы развития отдельных форм аллергических реакций, включающих гиперчувствительность клеточного и гуморального типов. Контактные дерматиты
Volkov K., Afanasyeva G., Polutova N., Polidanov M., Polutov V. — Peculiarities and mechanisms of development of certain forms of allergic reactions, including hypersensitivity of cellular and humoral types. Contact dermatitis 161

Герасименко А.Ю., Совпель О.В., Совпель И.В. — Современные методы диагностики сарком мягких тканей
Gerasimenko A., Sovpel O., Sovpel I. — Modern methods of diagnostics of soft tissue sarcomas ... 165

Дарвин В.В., Васильев В.В., Аюпов А.Т. — Распространенный перитонит у пациентов со СПИДом, тактика хирургического вмешательства и возникающие осложнения

Darwin V., Vasiliev V., Ayupov A. — Common peritonitis in aids patients, surgical intervention tactics and emerging complications 170

Ерокина Н.Л., Рогатина Т.В., Лепилин А.В., Бахтеева Г.Р., Савельева С.С., Макарова Д.К., Колокольцева Д.А., Кривчикова А.С. — Клинические наблюдения за пациентами с остеонекрозом верхней челюсти, развившимся как осложнение COVID19
Erokina N., Rohatina T., Lepilin A., Bakhteeva G., Savelyeva S., Makarova D., Kolokol'tseva D., Krivchikova A. — Clinical observations of patients with osteonecrosis of the maxilla developed as a complication of COVID19 177

Зыкова Н.В., Онищенко С.В., Дарвин В.В., Шишулина М.П. — Результаты лечения пациентов с травмой печени. Пути оптимизации оказания помощи
Zykova N., Onishchenko S., Darwin V., Shishulina M. — The results of treatment of patients with liver injury. Ways to optimize the provision of assistance 181

Идрисов Р.И., Капралов С.В., Полиданов М.А., Смолькина А.В., Данилов А.Д., Масляков В.В. — Клиническое обоснование способа атравматичной установки назоинтестинального силиконового зонда
Idrisov R., Kapralov S., Polidanov M., Smolkina A., Danilov A., Maslyakov V. — Clinical substantiation of the method of atraumatic insertion of nasointestinal silicone probe 189

Кесян Г.А., Карапетян Г.С., Шуйский А.А. — Дифференцированный подход к хирургическому лечению переломов проксимального метаэпифиза плечевой кости (обзор литературы)
Kesyan G., Karapetyan G., Shuyskiy A. — Differentiated approach to surgical treatment of fractures of the proximal metaepiphysis of the humerus (literature review) 195

Маммедов С.М., Берсанов Р.У., Берсанова М.Р., Сердаров Б.А. — Определение характера микрофлоры верхнечелюстного синуса до и после лечения одонтогенного верхнечелюстного синуса с применением зубосохраняющих технологий

Mammedov S., Bersanov R., Bersanova M., Serdarov B. — Determination of the nature of maxillary sinus microflora before and treatment of odontogenic maxillary sinusitis using tooth-preserving technologies 204

Маругина Т.Л., Макаrchук Т.М., Макаrchук М.Ю. — Выбор тактики лечения детей с врожденными кавернозными гемангиомами в зависимости от возраста и локализации опухолевого процесса
Marugina T., Makarchuk T., Makarchuk M. — Choice of treatment tactics for children with congenital cavernous hemangiomas depending on age and localization of the tumor process. 208

Митюшин А.А., Амхадов И.С., Абдурахманова М.Ш., Джабраилова М.А. — Факторы риска и алгоритм прогнозирования осложнений при аутокостной пластике челюстей. Клинический пример
Mityushin A., Amkhadov I., Abdurakhmanova M., Dzhabrailova M. — Risk factors and algorithm for predicting complications in autobone plastic surgery of the jaws. A clinical example 212

Полиданов М.А., Капралов С.В., Масляков В.В., Волков К.А., Петрунькин Р.П., Кашихин А.А. — Экспериментальное обоснование способа моделирования антибиотико-ассоциированного колита у лабораторных животных
Polidanov M., Kapralov S., Masliakov V., Volkov K., Petrunkin R., Kashikhin A. — Experimental substantiation of the method of modeling antibiotic-associated colitis in laboratory animals 218

Ряднова Е.О., Кицышин В.П. — Оценка реполяризации сердца: сравнительная характеристика качественных и количественных методов
Ryadnova E., Kitsyshin V. — Assessment of cardiac repolarization: comparative characteristics of qualitative and quantitative methods 223

Сакович В.В. — Определение продольной деформации миокарда у детей с изолированным дефектом межпредсердной перегородки при помощи нейронных сетей глубокого обучения
Sakovich V. — Determination of longitudinal myocardial deformation in children with isolated atrial septal defect using deep learning neural networks 227

Наши авторы 235

ПРИКЛАДНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ АЭРОПАЛИНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЭКОДИАГНОСТИКЕ

APPLIED RESULTS OF AEROPALINOLOGICAL RESEARCH IN ECODIAGNOSTICS

**M. Avramenko
E. Borzdyko
M. Dolganova
O. Chigray**

Summary. The article is devoted to identifying the features of aeropalino logical characteristics of the Bryansk region to create a database for monitoring pollination and palynoindication of the environment using background pollinator plants. As a result of the research, 20 background pollinator plants were installed, which make the main contribution to the «pollen cloud» for the administrative center and some rural settlements of the region. A calendar of plant pollination has been compiled. The least medical and environmental hazard was diagnosed during dusting *Salix triandra*, *Quercus robur*, *Convolvulus arvensis*. Pollen grains have the greatest environmental danger from the point of view of the occurrence of pollinosis *Betula pendula*, *Chenopodium album*, *Artemisia vulgaris*. Recommendations on regulating the palynological situation in some localities are presented.

Keywords: pollen grains, aeropalino logical, pollination, palynoindications of the environment, pollen spectrum, woody and herbaceous vegetation, Bryansk region.

Авраменко Марина Васильевна

Кандидат биологических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского»
avramenko_marina84@mail.ru

Борздыко Елена Васильевна

Кандидат биологических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского»
elena.borzdyko@inbox.ru

Долганова Марина Владимировна

Кандидат биологических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского»
dolganova0801@yandex.ru

Чиграй Ольга Николаевна

Кандидат биологических наук, старший
преподаватель, ФГБОУ ВО «Брянский государственный
университет имени академика И.Г. Петровского»
chigrai-olga@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена выявлению особенностей аэропалинологических характеристик Брянской области для создания базы мониторинга поллинии и палиноиндикации среды с помощью фоновых растений-поллиниаторов. В результате исследований установлены 20 фоновых растения-поллиниаторы, которые вносят основной вклад в «пыльцевое облако» для административного центра и некоторых сельских поселений региона. Составлен календарь пыления растений. Наименьшую медико-экологическую опасность диагностировали при пылении *Salix triandra*, *Quercus robur*, *Convolvulus arvensis*. Наибольшей экологической опасностью с точки зрения возникновения поллиноза имеют пыльцевые зёрна *Betula pendula*, *Chenopodium album*, *Artemisia vulgaris*. Представлены рекомендации по регулированию палинологической обстановки в некоторых населённых пунктах.

Ключевые слова: пыльцевые зёрна, аэропалинология, поллинияция, палиноиндикация среды, пыльцевой спектр, древесная и травянистая растительность, Брянская область.

Исследования пыльцевых зёрен (ПЗ) в Брянской области актуальны в связи с востребованностью информации во многих научных направлениях, смежных с экологическими исследованиями, носящими прикладной характер. Для региона имеются только фрагментарные данные, полученные с применением метода палинологии, нет информации о ритмах пыления растений в весенне-летний период, не разработаны сведения об использовании пыльцы для индикационных работ в биомониторинге. Исследования закладывают базу для экологической палинологии и экоэпидемиологии [2, 5, 8–10].

Таким образом, сбор региональных данных об аэропалинологических особенностях будет способствовать решению вопроса о профилактике поллиноза, внесению информации о пылении фоновых видов растений в общую систему мониторинга, внедрению в общероссийскую и международную базу данных.

Аэропалинология занимается изучением состава и закономерностей формирования пыльцевого дождя. Аэропалинологические методы позволяют отслеживать концентрацию пыльцы и спор грибов в воздухе.

Исследования были выполнены для 8 точек (пробных площадок) д. Добрунь Брянского района Брянской области, 4 точек в Советском и Бежицком районе города Брянска в течение 2022–2023 гг. в весене-летний период. При составлении предварительного календаря пыления растений вся пыльца за сезон пыления принималась равной за 100 % и подсчитывалась с нарастанием процента пыления за каждый день. Значения ниже 1 % и выше 99 % отбрасывались, так как связаны со случайным попаданием пыльцы. Согласно рекомендациям, начало пыления — день, когда ПЗ систематической группы растения составляла более 3 %, пик пыления — 50 % [1–4, 11].

Календарь строился за 15-дневный период, сведения о количественной характеристике ПЗ усредняли.

За период наблюдений в составе дождя ПЗ обнаружена пыльца растений из родов, входящих в список растений, рекомендованных для наблюдений международным палинологическим центром: дуба черешчатого (*Quercus robur* — Qu.r.), сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* — Pi.s.), ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* — Fr.ex.), можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis* — Ju.c.), берёзы повислой (*Betula pendula* — Be.p.), ивы

Таблица 1. Участие пыльцы различных растений в формировании пыльцевого спектра некоторых населённых пунктов Брянской области за 2022–2023 гг. (весна)

Месяц	Апрель		Май	
15-дневный период	1	2	1	2
Древесные				
Pi.s.				
Fr.ex.				
Ju.c.				
Be.p.				
Po.t.				
Qu.r.				
Ac.p.				
Sa.t.				
Травянистые				
El.r.				
Po.p.				
Co.ar.				
Bu.p.h.				
Ta.of.				

трёхтычинковой (*Salix triandra* — Sa.t.), тополя дрожащего (*Populus tremula* — Po.t.), клёна остролистного (*Acer platanoides* — Ac.p), липы сердцелистной (*Tilia cordata* — Ti.c.), подсолнечника обыкновенного (*Heliantus annuus* — He.an.), ириса обыкновенного (*Iris cathayensis* — Ir.c.), лилии садовой (*Lilium vulgare* — Li.v.), пырея ползучего (*Elytrigia repens* — El.r.), мятлика лугового (*Poa pratensis* — Po.p.), мари обыкновенной (*Chenopodium album* — C.al.), выюнка полевого (*Convolvulus arvensis* — Co.ar.), пастушьей сумки (*Bursae pastoris herba* — Bu.p.h.), одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* — Ta.of.), крапивы двудомной (*Urtica dioica* — Ur.d.), полыни обыкновенной (*Artemisia vulgaris* — Ar.v.).

Пыльцевой спектр растений по встречаемости ПЗ зарегистрированный для трёхлетнего периода отражен в таблицах 1 и 2.

Таблица 2. Участие пыльцы различных растений в формировании пыльцевого спектра некоторых населённых пунктов Брянской области за 2022–2023 гг. (лето)

Месяц	Июнь		Июль		Август	
15-дневный период	1	2	1	2	1	2
Древесные						
Be.p.						
Ti.c.						
Травянистые						
El.r.						
Po.p.						
C.al.						
Co.ar.						
Ta.of.						
Ur.d.						
He.an.						
Ir.c.						
Li.v.						
Bu.p.h.						
Ar.v.						

Условные обозначения:
Содержание пыльцы растений:

Высокое (> 50 пыльцевых зёрен)

Среднее (от 15–49 пыльцевых зёрен)

Низкое (от 4 до 14 пыльцевых зёрен)

Одними из первых родов для палинологической диаграммы зарегистрированных можжевельник и сосна, причём для можжевельника отмечен кратковременный пик со средним числом ПЗ в пробах. Сосна пылит в первую декаду апреля, затем ПЗ не обнаружены в пробах даже единично. Эти два явления обусловлены биологическими особенностями видов растений. Позднее отмечено массовое поступление пыльцы тополя дрожащего, который предшествует пылению берёзы, для которой массовое пыление с высоким числом ПЗ зарегистрировано весь май. Ясень также начинает пылить в один срок с берёзой, и регистрация пыльцы растянута во времени, но массово — во второй половине мая. Невысокое присутствие пыльцы дуба характерно для поздней и средней весны, среднее значение числа ПЗ в пробах зафиксированы для второй половины апреля.

Среди травянистых растений наиболее раннее цветение зарегистрировано для мятлика лугового, затем сменяющееся пыреем ползучим. ПЗ пастушьей сумки зарегистрированы в минимальном числе со второй половины мая, цветение растений продолжается весь летний сезон, значительное число ПЗ зарегистрировано во второй половине июня и июль. Для июля выявлено наибольшее число пылящих растений: пырей ползучий, мятлик луговой, вьюнок полевой, подсолнечник, пастушья сумка, полынь.

Для злаков пыление растений оказалось растянутым во времени, но только в небольшой летний промежуток их число было велико.

Для ириса и лилии ПЗ фиксировались только в летний период времени, ПЗ полыни появились в спектре пыльцы позже всех, достигли максимума — во вторую декаду июля.

Такой спектр для пыльцевого анализа обусловлен спецификой озеленения городских и сельских местобитаний, культивированием различных растений в условиях интенсивного агропроизводства.

Наличие ПЗ рудеральных видов (мари, полыни) характерно для д. Добрунь, что обусловлено наличием необустроенных пространств.

В период исследования производился анализ систематических групп растений, представленных в зелёных зонах некоторых сельских поселений Брянской области как мест расположения реперных точек при отборе проб ПЗ. Аналитические данные основывались на результатах инвентаризации видов в парках, скверах, в лесопарковой зоне в черте города.

Наименьшая представленность по численности и наиболее однородное представление характеризуют

ся у видов рода ива, дуб, сосна, ель. Максимальной численностью характеризуются род берёза, клён, липа.

Ежегодно в общем списке поллиноваторов зарегистрированы доминирующие формы — пыльца берёзы повислой, тополя дрожащего, осины (род тополь), клёна остролистного, сосны обыкновенной, полыни, ивы, различных злаков.

В летний период 2023 г. значительно повысилась концентрация полыни и злаков в связи с особенно благоприятным температурным режимом для пыления. Доминирует все годы поллиноваторы — берёза повислая и клён остролистный. Заметны данные по увеличению удельного веса ПЗ сосны обыкновенной в общих пробах: наблюдается зависимость от метеоклиматических показателей — чем выше температура в весенний период времени и чем ниже влажность воздуха, тем в большей степени обнаруживаются ПЗ сосны [6, 7].

Таким образом древесные ПЗ — абсолютный доминант, вклад травянистых растений минимален. По годам наблюдений также изменяется удельный вес ПЗ древесных видов: в 2022 и 2023 гг. при очень сухой и холодной весне доминировали ПЗ тополя дрожащего, содоминанты в 2023 г. — ПЗ берёзы, в 2022 г. — ясеня. В 2022 г. удельный вес ПЗ сосны был минимален, поэтому его не учитывали в общей массе пыльцы. Наибольший вклад в пыльцевой спектр у сосны зарегистрирован по наблюдениям — в 2023 г. Особенной вариабельностью характеризовался вклад ивы в общий состав пыльцы, в наибольшем количестве ПЗ этого растения наблюдались в 2022 г. Весна 2022 г. была холодной с повышенной влажностью, ПЗ ивы доминировали в спектре в связи с поздним началом пыления и относительно небольшими размерами ПЗ, которые легко переносились даже при влажной погоде [6, 7].

Вторая волна полликации имела различия в систематическом спектре растений, что также обусловлена процессами развития видов. В летний период пыления (третья декада мая — июнь) содержание ПЗ составило от 34 до 37 % от суммарного количества пыльцы за весь сезон. Доминировала пыльца злаков, липы, берёзы.

Пыление злаковых отличается значительной продолжительностью, до конца августа, некоторые ПЗ попадались также в сентябре.

Для третьей волны полликации также характерны виды, чей генеративный цикл способствует пылению.

Третий период — вторая декада июля — конец сентября — был сформирован в основном пылением травянистым форм: полыни, семейства маревых, крапивы. Суммарное содержание пыльцы для этого периода со-

ставляет от 24 до 36 % от общей численности ПЗ за весь сезон поллинииции.

В целом, исследуемые виды оценены по степени аллергологической опасности, основываясь на данных конкретного физико-географического региона.

Наибольшей экологической опасностью с точки зрения возникновения поллинозов имеют ПЗ берёзы, полыни обыкновенной, мари обыкновенной. Показатель продолжительности основного пыления для мари обыкновенной более продолжителен при сравнении с полынью обыкновенной. Наименьшую медико-экологическую опасность диагностировали при пылении ивы, дуба черешчатого, вьюнка полевого.

Для применения на практике решений по минимизации «пыльцевого дождя» можно рекомендовать градо-

устроительным службам учитывать периоды пыления растений. Во время массового цветения в утренний промежуток времени применять ежедневный утренний «фонтанирующий полив» в сухую погоду с ярким палящим солнцем, наиболее крупных зелёных объектов городов и других населённых пунктов, что снизит концентрацию ПЗ в воздухе. Этот приём также понизит дальность распространения пыльцы. Можно рекомендовать по опыту зарубежных исследователей применение клейких ловушек, которые устанавливаются в центрах отдыха. Также сотрудники градостроительных служб при условии расширения исследований видового ассортимента видов в озеленительных массивах, смогут выбрать менее аллергенные виды, с коротким периодом цветения для создания зелёного каркаса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дзюба О.Ф. Палиноиндикация качества окружающей среды. — СПб: Изд-во «Недра», 2006. — 198 с.
2. Дикарева Т.В., Румянцев В.Ю. Картографический анализ распространения растений-аллергенов в России // Бюллетень МОИП. 2015. № 6. — С. 34–40.
3. Именитова А.С., Пупышева С.А., Жуйкова И.А. Анализ таксономического става и динамики аэропалинологического спектра Северо-Востока Русской равнины // Науч.-методич. журнал «Концепт», 2016. Т. 15. — С. 871–887.
4. Кобзарь В.Н., Осмонбаева К.Б. Аэроаллергены как индикаторы антропогенной триады // Бюллетень науки и практики. Т.9. № 9. 2023. — С. 43–57. doi.org/10.33619/2414–2948/94/05.
5. Мейер-Меликян Н.Р., Северова Е.Э., Гапочка Г.П., Полевова С.В. и др. Принципы и методы аэропалинологических исследований. — М.: Изд-во МГУ, 1999. — 49 с.
6. Природные ресурсы и окружающая среда Брянской области. Годовой доклад об экологической ситуации в Брянской области в 2022 г. / Департамент природных ресурсов и экологии Брянской области — Брянск: ООО «Издательство Читай-город», 2023. — 205 с.
7. Природные ресурсы и окружающая среда Брянской области. Годовой доклад об экологической ситуации в Брянской области в 2023 г. / Департамент природных ресурсов и экологии Брянской области — Брянск: ООО «Издательство Читай-город», 2024. — 212 с.
8. Северова Е.С. Аэропалинология: современное состояние и перспективы развития // Палинология: теория и практика: матер. Всерос. палинологической конф. — М., 2005. С. 234–235.
9. Токарев П.И. Палинология древесных растений, произрастающих на территории России: автореф. дисс. ... докт. биол. наук. — М., 2004. — 55 с.
10. Шамгунова Б.А., Заклякова Л.В. Аэропалинологические аспекты поллинозов // Астраханский медицинский журнал. 2010. — С. 2–9.
11. Guryanova S.V., Finkina E.I., Melnikova D.N., Bogdanov I.V., Bohle B., & Ovchinnikova T.V. How Do Pollen Allergens Sensitize? // Frontiers in Molecular Biosciences. 2022. № 9. — Pp. 900533. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2022.900533>.

© Авраменко Марина Васильевна (avramenko_marina84@mail.ru); Борздыко Елена Васильевна (elena.borzdyko@inbox.ru); Долганова Марина Владимировна (dolganova0801@yandex.ru); Чиграй Ольга Николаевна (chigrai-olga@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОЧЕТАННОЕ ВЛИЯНИЕ ПОЛИМОРФНЫХ АЛЛЕЛЕЙ ГЕНА EDN1 (RS5370) И NOS3 (RS2070774) НА ПОКАЗАТЕЛИ ИНДЕКСА КПУ

COMBINATION OF POLYMORPHIC ALLELES OF THE EDN1 (RS5370) AND NOS3 (RS2070774) GENES ON DMF INDEX INDICES

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

Summary. The article presents the results of the study to establish the relationship between the presence of polymorphic variants of endothelin-1 (EDN1) (rs5370), endothelial nitric oxide synthase (NOS3) (rs2070774) genes and the intensity of the processes of formation and development of dental caries, assessed by the DMF index. In practically healthy young men and girls living in the territory of the European North, a molecular genetic study by PCR with a fluorescent scheme of product detection in real time mode was carried out, levels of vasoactive endothelial factors — nitric oxide (by biochemical method) and endothelin-1 (by immunologic method) were determined, the DMF index (caries + fillings + extracted teeth) and the degree of carious process intensity under the combined influence of polymorphic variants of EDN1 and NOS3 genes were determined. It was found that the presence of rs5370 and rs2070774 in the genotype led to an increase in the frequency of individuals with decompensated stage of dental caries, and therefore single nucleotide substitutions (SNPs) in EDN1 (rs5370) and NOS3 (rs2070774) genes can be considered as markers of changes in resistance to this disease.

Keywords: gene polymorphism, nitric oxide, endothelin-1, dental caries, DMF index.

Бебякова Наталья Александровна

доктор биологических наук, профессор,
Северный государственный медицинский университет,
г. Архангельск
nbebyakova@mail.ru

Левицкий Сергей Николаевич

кандидат биологических наук, доцент,
Северный государственный медицинский университет,
г. Архангельск
sergeylevitski@yandex.ru

Давыдова Надежда Геннадьевна

кандидат медицинских наук, доцент,
Северный государственный медицинский университет,
г. Архангельск
nadindavydova@mail.ru

Галиева Александра Сергеевна

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

Жиборт Екатерина Леонидовна

кандидат биологических наук, доцент,
Северный государственный медицинский университет,
г. Архангельск
zhibort71@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследования по установлению взаимосвязи между наличием полиморфных вариантов генов эндотелина-1 (EDN1) (rs5370), эндотелиальной синтазы оксида азота (NOS3) (rs2070774) и интенсивностью процессов образования и развития кариеса зубов, оцененного по показателю индекса КПУ. У практически здоровых юношей и девушек, проживающих на территории Европейского Севера, было проведено молекулярно-генетическое исследование методом ПЦР с флуоресцентной схемой детекции продуктов в режиме реального времени, определены уровни вазоактивных эндотелиальных факторов — оксида азота (биохимическим методом) и эндотелина-1 (иммунологическим методом), определен индекс КПУ (кариес + пломбы + удаленные зубы) и степень интенсивности кариозного процесса при сочетании влияния полиморфных вариантов генов EDN1 и NOS3. Установлено, что наличие в генотипе rs5370 и rs2070774 приводило к увеличению частоты встречаемости лиц с декомпенсированной стадией кариеса зубов, в связи с чем однонуклеотидные замены (SNP) в генах EDN1 (rs5370) и NOS3 (rs2070774) возможно рассматривать как маркеры изменения резистентности к данному заболеванию.

Ключевые слова: полиморфизм генов, оксид азота, эндотелин-1, кариес зубов, индекс КПУ.

Введение

Важнейшими факторами эндотелиального происхождения, которые обуславливают регуляцию периферического сосудистого тонуса, являются эндотелин-1 (EDN1) и оксид азота (NO). Многочисленными экспериментальными исследованиями на животных и клиническими наблюдениями установлено вазоконстрикторное влияние EDN1 и вазодилатационное влияние NO на тонус кровеносных сосудов [1, 2]. При этом состояние тканей пародонта и их кровоснабжение напрямую зависят от состояния эндотелия [3, 5], а эндотелиальная дисфункция при различных стоматологических заболеваниях обусловлена, прежде всего, нарушением нормальной секреции NO и EDN1 [4]. Полиморфные варианты генов вазоактивных эндотелиальных факторов способны приводить к формированию различной патологии, в том числе и органов полости рта [6, 7].

Ген эндотелиальной NO-синтазы (NOS3) расположен в локусе 7q35-36 (chr7:150992991) [14], а одним из наиболее изученных полиморфизмов в нем является rs2070774. Он представляет собой однонуклеотидную замену в области промотора — T (-786)C [8, 9, 10]. Ген *EDN1* расположен в локусе 6p24.1 (chr6:12296022), а полиморфизм rs5370 представляет собой трансверсию G594T, вызывающую аминокислотную замену (р. Lys198Asn) и ассоциированную с развитием вазоконстрикторной реакции периферических сосудов [11, 12, 13].

Имеются данные о взаимосвязях степени развития заболеваний пародонта, в основе которых могут лежать нарушения микроциркуляции, и степенью активности кариозного процесса (индекс КПУ) [14, 15], поэтому **целью** данного исследования явилось установление взаимосвязи между степенью интенсивности кариеса зубов и сочетанным влиянием на этот процесс полиморфизмов G594T гена *EDN1* и T(-786)C гена *NOS3* у молодого населения, проживающего в условиях северных широт РФ (Архангельская область).

Методы и организация исследования

Исследуемая группа составила 62 человека, практически здоровых юношей и девушек (средний возраст — 18,2 лет; 95 % ДИ 17,9–19,4).

Анализировали геномную ДНК, выделенную из лейкоцитов цельной крови с помощью реагентов фирмы «Литех» (Россия). Полиморфизм генов определяли с помощью двух типов реагентов фирмы «Литех» (Россия) методом ПЦР с флуоресцентной схемой детекции продуктов в режиме реального времени на амплификаторе LightCycler96 (Roche, Швейцария/Германия). Для определения полиморфизма гена *NOS3* T(-786)C в реакционной смеси содержались праймеры, необходимые для ам-

плификации участка, содержащего полиморфизм, и два аллель-специфичных гидролизных зонда, содержащих полиморфный сайт. Зонд, содержащий полиморфизм аллель 1, был мечен флуорофором HEX, аллель 2 — флуорофором FAM. Дискриминация аллелей осуществлялась за счёт различной эффективности разрушения Taq-полимеразой полностью и неполностью комплементарного зонда. С образцом выделенной ДНК для определения полиморфизма гена *EDN1* G594T параллельно проводились две реакции амплификации — с двумя парами аллель-специфичных праймеров. Для детекции амплифицированного фрагмента ДНК использовался интеркалирующий краситель SYBR Green, специфичный к двухцепочечной ДНК.

В соответствии с изучаемыми полиморфизмами генов для установления их сочетанного действия было выделено 4 экспериментальные группы:

- 1) G594G (rs5370) + T (-786) T (rs2070774) (мутантные аллели отсутствовали в обоих генотипах);
- 2) G594T, T594T (rs5370) + T (-786) T (rs2070774) (мутантный аллель (аллели) представлен только в гене *EDN1*);
- 3) G594G (rs5370) + T (-786) C, C (-786) C (rs2070774) (мутантный аллель (аллели) представлен только в гене *NOS3*);
- 4) G594T, T594T (rs5370) + T (-786) C, C (-786) C (rs2070774) (мутантный аллель (аллели) представлены в обоих генотипах).

Уровень NO определяли биохимическим методом, EDN1 — иммуноферментным.

Для оценки состояния вазоактивной системы NO — EDN1 использовали показатель отношения концентрации метаболитов NO к концентрации EDN1: NOx (мкмоль/л)/ EDN1 (фмоль/мл) [отн. ед.]. Данный коэффициент указывает на дисбаланс между процессами вазоконстрикции и вазодилатации и возможность риска развития сосудистой патологии [16].

Индекс КПУ оценивали как сумму кариозных (К), пломбированных (П) и удаленных (У) зубов (по Виноградовой Т.Ф.) с выделением компенсированной, субкомпенсированной и декомпенсированной степеней.

Статистическая обработка полученных результатов, оценка распределения показателей, сравнительный анализ выборок проведен с помощью пакета программ для статистической обработки «STATA» («Stata Corp», TX, USA) общепринятыми методами статистической обработки. Количественные данные были подвергнуты анализу на нормальность распределения с помощью критерия Шапиро-Уилка и представлены с указанием медианного значения (Me) и 1 и 3 квартиля (Q1, Q3). Взаимосвязь между количественными данными и вариан-

тами генотипов оценивали с использованием однофакторного дисперсионного анализа. Парные сравнения проводили с помощью критерия Манна-Уитни. Частота распределения генотипов анализировалась с помощью теста хи-квадрата Пирсона. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

В изучаемой популяции эмпирическое распределение аллелей и генотипов соответствовало теоретически ожидаемому при равновесии Харди-Вайнберга ($p > 0,05$) и не отличалось от других российских популяций, данные которых были взяты из проекта RUSeq [<http://ruseq.ru/#/>].

Концентрации NO и EDN1 в исследуемых группах представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Уровень вазоактивных эндотелиальных факторов (Me, Q1, Q3) у людей с различными полиморфными вариантами генов

1 группа	2 группа	3 группа	4 группа	Значимость различий (P)
NO (мкмоль/л)				
74,5 (64,4; 79,7)	66,8 (63,4; 72,9)	72,7 (67,3; 78,3)	61,3 (61,6; 68,0)	$P_{1-2}=0,073$ $P_{1-3}=0,415$ $P_{1-4}=0,036$
EDN1 (фмоль/мл)				
0,8 (0,2; 1,4)	0,8 (0,3; 1,3)	1,4 (0,2; 1,5)	1,8 (0,3; 2,5)	$P_{1-2}=0,444$ $P_{1-3}=0,152$ $P_{1-4}=0,095$

Результаты исследования показали, что уровень NO снижался при наличии полиморфных аллелей, однако статистически значимое изменение на 17,72 % наблюдалось при совместном присутствии в генотипе полиморфных аллелей генов NOS3 и EDN1. В этих условиях наблюдалась тенденция к увеличению уровня EDN1, максимальные значения которого также наблюдались при совместном присутствии в генотипе полиморфных вариантов изучаемых генов.

Кроме того, при расчете индекса NO/EDN1, который характеризует сдвиг реакции сосудистого тонуса в сторону вазоконстрикции или вазодилатации, было установлено, что данный показатель в группе 1 составлял 59,64 отн. ед., уменьшаясь до 34,06 отн. ед. в группе 4 (на 57,12 %) ($p=0,004$), что указывает на явное вазоконстрикторное действие на сосудистый тонус сочетанного влияния аллелей G594T, T594T (rs5370) + T(-786)C, C(-786)C (rs2070774).

Показатели индекса КПУ в обследованной выборке представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Показатель индекса КПУ (Me, Q1, Q3) у людей с различными полиморфными вариантами генов

1 группа	2 группа	3 группа	4 группа	Значимость различий (p)
7,25 (6,0; 9,0)	10,1 (8,75; 13,0)	9,0 (7,0; 12,0)	10,0 (7,5; 12,5)	$P_{1-2}=0,009$ $P_{1-3}=0,306$ $P_{1-4}=0,079$

Полученные данные свидетельствуют об увеличении абсолютных показателей индекса КПУ при наличии полиморфных вариантов изучаемых генов. Так, наличие мутации в гене EDN1 приводило к увеличению данного показателя на 39,3 %, мутация в гене NOS3 — на 24,2 %, а наличие полиморфных вариантов как в гене EDN1, так и в гене NOS3 увеличивало индекс КПУ на 37,9 %.

В таблице 3 представлены частоты встречаемости различных стадий КПУ у людей с различными сочетаниями полиморфных вариантов анализируемых генов.

Таблица 3.

Частота встречаемости различных степеней индекса КПУ (%) у людей с полиморфными вариантами генов EDN1 и NOS3

Стадия КПУ	группа 1	группа 2	группа 3	группа 4	Значимость различий (p)
Компенсированная	41,6	8,4	20,0	25,0	$P_{1-2}=0,886$ $P_{1-3}=0,366$ $P_{1-4}=0,553$
Субкомпенсированная	41,6	45,8	40,0	8,3	$P_{1-2}=0,572$ $P_{1-3}=0,563$ $P_{1-4}=0,003$
Декомпенсированная	16,8	45,8	40,0	66,7	$P_{1-2}=0,303$ $P_{1-3}=0,323$ $P_{1-4}=0,034$

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что группе 4 по сравнению с группой 1, частота встречаемости людей с компенсированной стадией снижалась на 16,6 %, с декомпенсированной стадией — на 33,3 %, а с декомпенсированной стадией увеличилась на 49,9 %.

На основе проведенного молекулярно-генетического анализа по выявлению полиморфных вариантов гена, отвечающего за синтез эндотелина-1 — мощнейшего из известных в настоящее время вазоконстрикторных факторов и гена NOS3, отвечающего за работу эндотелиальной NO-синтазы, и, следовательно, за синтез оксида азота — мощнейшего вазодилататора эндотелиального

происхождения, можно предположить, что нарушение баланса данных вазоактивных факторов приводило к существенному изменению сосудистого тонуса у людей, имеющих в генотипе rs2070774 и rs5370.

Наличие полиморфных вариантов данных аллелей в генотипе, вероятно, может считаться фактором риска развития кариеса зубов и снижения резистентности к данному заболеванию.

Вероятнее всего, наличие данных полиморфных аллелей изменяло микроциркуляцию кровеносных сосудов в пародонте. Анализ частот встречаемости людей с различной степенью КПУ в выделенных группах показал, что наличие полиморфного аллеля любого из изучаемых генов в отдельности или их совместное присутствие в генотипе приводило к увеличению частоты встречаемости людей с декомпенсированной стадией кариеса зубов за счет резкого снижения частоты встречаемости субкомпенсированной стадии. Полученные данные согласуются с другими исследованиями, в ко-

торых, например, установлено увеличение частоты встречаемости субкомпенсированной и декомпенсированной стадий кариеса зубов при сочетанном действии полиморфизмов генов эндотелина-1 и эндотелиновых рецепторов А— и В-типа [18, 20], гена лактотрансферрина (LTF) [19].

Заключение

Таким образом, учитывая, что интенсивность распространения кариеса зубов в полярных и приполярных широтах России выше, чем в Северной Европе [17], необходимо изучение распространения полиморфных вариантов генов, которые потенциально могут быть генами-кандидатами стоматологических заболеваний, в том числе и кариеса зубов. При этом изучение взаимосвязи полиморфизмов генов, участвующих в нарушении микроциркуляции в ротовой полости за счет формирования дисбаланса вазоактивных эндотелиальных факторов, с различными стоматологическими заболеваниями также является перспективным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левицкий С.Н., Бебякова Н.А., Курочкина Е.Л., Шабалина И.А., Радужин И.С., Вязникова Д.А. Полиморфизм гена EDN1 и резервные возможности сердечно-сосудистой системы // Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. — 2021. — № 1–2. — С. 34–35.
2. 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.
3. Бебякова Н.А., Феликсова О.М., Хромова А.В., Шабалина И.А. Роль полиморфизма -786T>C эндотелиальной NO-синтазы в формировании факторов риска артериальной гипертензии // Экология человека. — 2018. — № 4. — С. 36–42.
4. Сабирова А.И. Роль сосудистого звена в развитии болезней пародонта на фоне сердечно-сосудистых заболеваний (обзор литературы) // Вестник КРСУ. — 2022. — № 5. — С. 93–97.
5. 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 // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: естественные и технические науки. — 2023. — № 8/2. — С. 13–17.
6. Opal S., Garg S., Jain J., Walia I. Genetic Factors Affecting Dental Caries Risk // Aust. Dent. J. — 2015. — Vol. 60. — № 1. — P. 2–11.
7. Udina I.G., Gulenko O.V. Molecular-Genetic Mechanisms of Caries Development // Russ. J. Genet. — 2018. — Vol. 54. — № 4. — P. 415–422.
8. Augeri A.L., Tsongalis G.J., Van Heest J.L., Maresh C.M., Thompson P.D., Pescatello L.S. The endothelial nitric oxide synthase -786T>C polymorphism and the exercise-induced blood pressure and nitric oxide responses among men with elevated blood pressure // Atherosclerosis. — 2009. — Vol. 204. — № 2. — P. 28–34.
9. Casas J.P., Cavalleri G.L., Bautista L.E., Smeeth L., Humphries S.E., Hingorani A.D. Endothelial nitric oxide synthase gene polymorphisms and cardiovascular disease: a HuGE review // Am J Epidemiol. — 2006. — Vol. 164. — № 10. — P. 921–935.
10. Xie X., Shi X., Xun X., Rao L. Endothelial nitric oxide synthase gene single nucleotide polymorphisms and the risk of hypertension: A meta-analysis involving 63,258 subjects // Clin Exp Hypertens. — 2017. — Vol. 39. — № 2. — P. 175–182.
11. 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.
12. Orhan A., Mehtap G., Metin A., Kara M. Endothelin-1 Lys198Asn and rs10478694 polymorphism in ischemic stroke // Biomedical Research. — 2017. — Vol. 28. — № 2. — P. 750–754.
13. Kanai S. M., Clouthier D. E. Endothelin signaling in development // Development. — 2023. — Vol. 150. — № 24. — P. 201786.
14. Воробьева Н.А., Кунавина К.А., Голубович А.В. Стоматологическое здоровье коренного этноса острова Вайгач Арктической зоны Российской Федерации // Экология человека. — 2021. — 4. — С. 25–29.
15. 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.
16. Умнягина И.А., Блинова Т.В., Страхова Л.А., Иванова Ю.В., Трошин В.В., Колесов С.А., Фомина Ю.Н. Эндотелин-1 и метаболиты оксида азота в диагностике риска артериальной гипертензии у лиц молодого и среднего возраста, работающих во вредных условиях труда // Клиническая лабораторная диагностика. — 2021. — Т. 66. — № 9. — С. 525–532.

17. Горбатова М.А., Матвеева И.В., Дегтева 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.
18. Бебякова Н.А., Левицкий С.Н., Радушин И.С., Вязникова Д.А. Комбинация полиморфизмов генов эндотелина-1 и эндотелиновых рецепторов В-типа и ее влияние на показатели индекса КПУ // *Cognitio Rerum*. — 2024. — №1. — С. 10–14.
19. Вязникова Д.А., Радушин И.С., Левицкий С.Н., Галиева А.С. Полиморфные варианты гена лактотрансферрина (LTF) и их влияние на развитие кариеса зубов (обзор генетических баз данных dbSNP, ALFRED) // *CETERIS PARIBUS*. — 2023. — № 1. — С. 20–22.
20. Радушин И.С., Вязникова Д.А., Левицкий С.Н., Бебякова Н.А. Сочетанное влияние полиморфизма генов EDN1 и EDNRA // Перспективные исследования в психологии, спорте и здравоохранении: сборник статей международной научной конференции. — Архангельск, 2024. — СПб.: МИПИ им. Ломоносова, 2024. — С. 6–10.

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

Жиборт Екатерина Леонидовна (zhibort71@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

УЛУЧШЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ОТТЕНКАХ СЕРОГО ПУТЕМ РАЗРАБОТКИ ЛИНЕЙНОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА FIREFLY

ENHANCING GRAYSCALE IMAGES BY DEVELOPING LINEAR INTERPOLATION USING FIREFLY ALGORITHM

Al janzeer Zualfekar Munif

Summary. «Brightness is one of the most important characteristics of pixels. It is involved in many image editing algorithms, such as contrast or shadow/highlight» [7, p.117]. Changing the brightness of grayscale images is important because it improves overall visibility and clarity. In addition, it can improve detail and contrast, thereby making it easier to perceive and differentiate the various components of the image. In addition, this technique can also help correct any exposure issues or lighting inconsistencies in the original image, ensuring that it is displayed accurately and correctly. In this paper, we propose to use the firefly algorithm with a linear interpolation method to adjust the brightness of grayscale images.

Keywords: Firefly, brightness, contrast, grayscale images, linear interpolation, pixel.

Аль жанзир Зуалфекар Муниф

Аспирант, Белгородский государственный
национальный исследовательский университет
1689419@bsuedu.ru

Аннотация. «Яркость одна из самых важных характеристик пикселей. Она участвует во многих алгоритмах редактирования изображений, таких как контрастность или тень/подсветка» [7, С.117]. Изменение яркости изображений в оттенках серого имеет важное значение, поскольку оно улучшает общую видимость и четкость. Кроме того, оно может улучшить детализацию и контрастность, тем самым облегчая восприятие и дифференциацию различных компонентов изображения. Кроме того, эта техника может также помочь исправить любые проблемы экспозиции или несоответствия освещения в исходном изображении, гарантируя, что оно будет отображаться точно и корректно. В этой статье мы предлагаем использовать алгоритм firefly с методом линейной интерполяции для регулировки яркости серых изображений.

Ключевые слова: Firefly, яркость, контраст, серые изображения, линейная интерполяция, пиксель.

Введение

«Часто люди поспешно делают фотографию, а затем при последующем рассмотрении испытывают сожаление по поводу ее неудовлетворительного качества» [6, С.16]. Обычно это происходит из-за плохого освещения, а также из-за ошибки в пространстве и направлении света на изображение (Рис. 1).

Г. Вышецкий, У.С. Стайлз, определяют яркость как «атрибут зрительного ощущения, согласно которому данный визуальный стимул кажется более или менее интенсивным; или, согласно которому область, в которой представлен визуальный стимул, кажется излучающей больше или меньше света» [7, С.118].

А.Л. Гилкрест тоже определяют яркость как «перцептивное измерение, которое простирается от тусклого до яркого, и мы также можем сказать это перцептивный термин» [3, С.114].

В физических терминах яркость определяется как абсолютная интенсивность света, отраженного в направле-

нии глаза наблюдателя поверхностью (или, по крайней мере, исходящего от определенной части поля зрения). Вкратце, если светлота — это воспринимаемая отражательная способность, то яркость — воспринимаемое отношение силы света, излучаемого поверхностью. Термин отражательная способность объекта обозначает относительно постоянное свойство, в то время как его яркость изменчива.

Изображения серого цвета могут отличаться по яркости из-за различных факторов, таких как настройки экспозиции камеры, условия освещения и композиция изображения.

Высокая яркость изображения в оттенках серого может возникнуть, если снимок подвергается воздействию яркого света, что означает, слишком большой поток фотонов достиг сенсора камеры во время съемки. Это может привести к более яркому общему изображению с меньшей детализацией в светлых участках.

В целом, настройки экспозиции камеры играют важную роль в определении уровней яркости фотографии, и регулировка этих настроек может помочь добиться

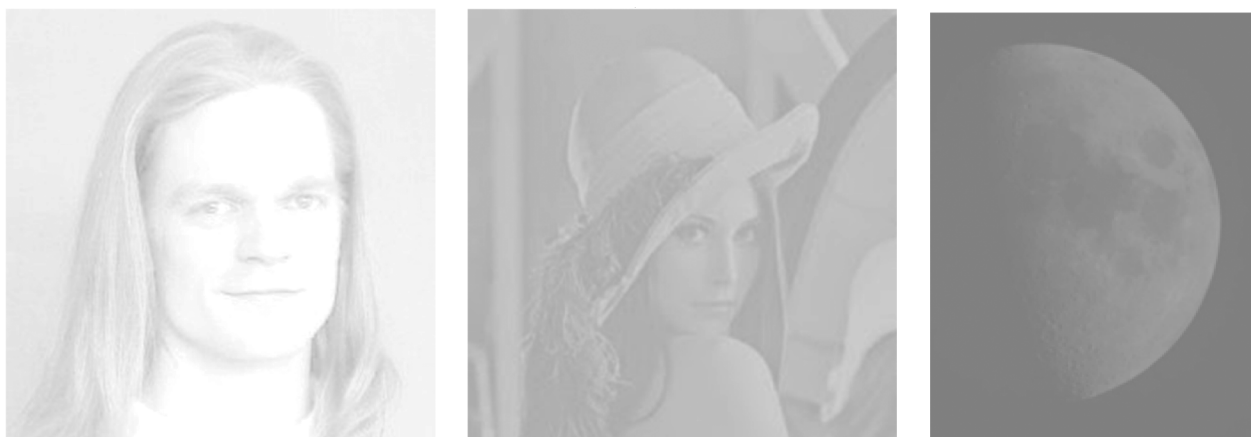


Рис. 1. Изображение высокой яркости

более сбалансированного и хорошо экспонированного изображения.

Чтобы решить эту проблему, мы можем отрегулировать яркость изображений в оттенках серого, как мы объясняли ранее, что может нам помочь показать большее количество мелких деталей и улучшить четкость. И наоборот, уменьшение яркости может усилить контраст между различными оттенками серого, делая изображение более резким и определенным. Регулировка яркости является распространенным методом, используемым для улучшения качества изображений в оттенках серого в программном обеспечении для редактирования изображений.

Материалы и методы

Методология, применяемая в данном исследовании, использует линейную интерполяцию (Linear interpolation) в качестве основного технологического подхода.

«Линейная интерполяция — это простейший метод получения значений в позициях между точками данных. Точки просто соединяются отрезками прямых линий» [2].

Когда мы хотим использовать линейную интерполяцию в области изображения, исследователи Т.М. Леманн, К. Гоннер и К. Шпитцер определяют ее следующим образом: «Интерполяция имеет многочисленные приложения в компьютерном зрении. Это первый из двух основных шагов повторной выборки, который преобразует дискретную матрицу в непрерывное изображение» [5].

Последующая выборка этого промежуточного результата дает повторно выбранное дискретное изображение. Этот процесс необходим для манипулирования дискретными изображениями, например, для геометрического выравнивания и регистрация, для улучшения качества изображения на устройствах отображения или в области сжатия изображений с потерями, когда не-

которые пиксели или некоторые кадры отбрасываются в процессе кодирования и должны быть восстановлены из оставшейся информации для декодирования. Поэтому методы интерполяции изображений заняли особое положение в обработке медицинских изображений [1]. Что касается следующего математического уравнения, то оно относится к линейной интерполяции

$$\text{Liner Interpolation}(y) = y_1 + (x - x_1) \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} \quad (1)$$

Где x_1 и y_1 : первые координаты.

x_2 и y_2 : вторые координаты.

x : точка для выполнения интерполяции.

y : интерполированное значение.

После определения линейной интерполяции и ее использования с изображениями мы можем перейти к следующему шагу определению алгоритма Firefly.

Мета эвристические алгоритмы, вдохновленные природой, особенно те, которые основаны на роевом интеллекте (Particle Swarm Optimization — PSO), привлекли большое внимание в последние годы. Алгоритм Firefly появился в 2008 году, а книга китайского исследователя С.Ш. Янгами «Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms» значительно расширилась за счет разнообразных приложений, в математической оптимизации алгоритм Firefly представляет собой мета эвристический метод, предложенный, и вдохновленный поведением firefly [9, С.65–66].

Мы можем обобщить работу алгоритма с помощью следующих трех идеальных правил [8, С.38]:

- Firefly являются однополыми, поэтому один Firefly будет привлекаться другими Firefly независимо от их пола.

- Привлекательность пропорциональна яркости, и они обе уменьшаются по мере увеличения расстояния. Таким образом, для любых двух мигающих Firefly менее яркий будет двигаться к более яркому. Если нет более яркого, чем конкретный Firefly, он будет двигаться случайным образом.
- Яркость Firefly определяется ландшафтом целевой функции (Objective function).

Используя этот алгоритм, мы попытаемся обновить значения каждого из (y_1, y_2) , которые являются координатами точек изображения, чтобы достичь соответствующих значений или представить потенциальное решение, которое поможет нам настроить соответствующую яркость для серых изображений.

Решение

Основная формула обновления для любой пары из двух fireflies x_i и x_j

$$x_i^{t+1} = x_i^t + \beta_0 e^{-\gamma_{ij}^2} (x_j^t - x_i^t) + \alpha_t \epsilon_i^t$$

Настройки параметров:

Поскольку привлекательность firefly пропорциональна интенсивности света, который видят соседние firefly, теперь мы можем определить изменение привлекательности β в зависимости от расстояния r следующим образом:

$$\beta = \beta_0 e^{-\gamma_{ij}^2}, \text{ где } \beta_0 \text{ привлекательность при } r = 0.$$

$\alpha_t = \alpha_0 \delta^t$, где $\alpha_0 = 0.01L$ начальный коэффициент масштабирования случайности (коэффициент 0.01 возникает из-за того, что случайные блуждания требуют определенного количества шагов для достижения цели, при этом балансируя локальную эксплуатацию, не прыгая слишком далеко за несколько шагов), δ^t является фактором охлаждения ($0 < \delta < 1$) и допустимо ($\delta = 0.95, 0.97$)

ϵ_i^t вектор случайных чисел, полученных из гауссовского распределения или равномерного распределения в момент времени t .

L средний масштаб интересующей проблемы.

$\gamma = \frac{1}{\sqrt{L}}$, но в нашей ситуации он равен нулю ($\gamma = 0$), что соответствует стандартной оптимизации роя частиц (PSO).

Как уже говорилось ранее, нам необходимо повысить контрастность изображения, изменив значения его

пикселей. Повышение контрастности достигается путем расширения диапазона интенсивности пикселей, часто от более узкого диапазона к более широкому.

Возвращаясь к нашим изображениям, когда нам нужно применить предыдущий алгоритм, мы должны определить функцию приспособленности, которая вычисляет контрастность улучшенного изображения, определяемую как разница между максимальным и минимальным значениями пикселей после применения линейной интерполяции для повышения контрастности.

Результаты

После запуска алгоритма мы получим два значения, эти два значения являются координатами firefly, который помогает улучшить серые изображения.

Первое из которых наилучший минимальный выход (best min output — y_2), и второе наилучший максимальный выход (best max output — y_1) (1).

Применяя эти новые значения к формуле линейной интерполяции (1), контрастность изображения будет улучшена (Таблица 1). Функция пригодности (Fitness function) гарантирует, что алгоритм оптимизируется для максимально возможной контрастности, которая определяется разницей между минимальным и максимальным значениями пикселей в улучшенном изображении.

Следуя гистограммам предыдущих серых изображений, мы можем обнаружить, что пиксели распределены по всей оси X , а не находятся по одну сторону от оси X , что означает, что серое изображение имеет хороший баланс интенсивности пикселей и контрастности, что приводит к улучшению изображения и делает его читаемым и четким, кроме того, процент яркости (Brightness percentage) (2) исходного серого изображения изменился, понизив их и сделав темнее.

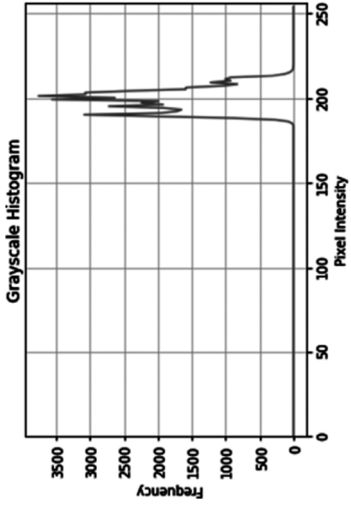
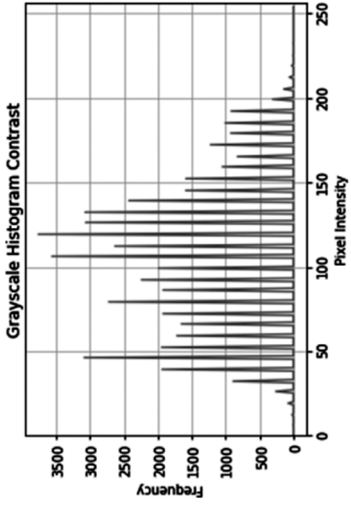
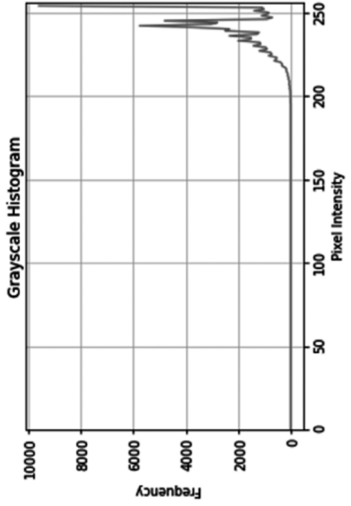
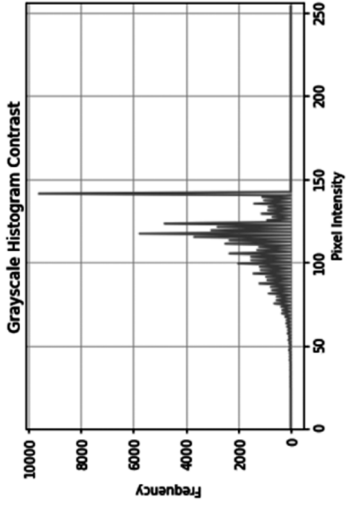
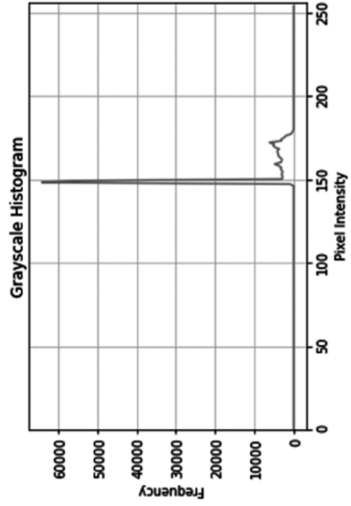
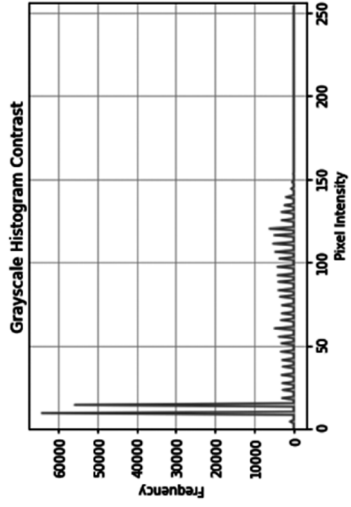
$$\text{Brightness percentage} = \frac{\frac{1}{n} \sum I(x, y)}{I_{\max}(x, y)} * 100\% \quad (2)$$

Рисунок (Рис. 2) показывает, как контраст расширенного серого изображения был увеличен нашим предложенным способом по сравнению с контрастом серых изображений до улучшения.

Кроме того, Рисунок (Рис. 3) показывает, что яркость расширенных серых изображений была уменьшена по сравнению с той же концепцией исходных серых изображений.

Теперь мы можем использовать эти улучшенные изображения для выполнения некоторых методов, таких как сегментация изображения, улучшенное изображе-

Таблица 1.

Результаты			Гистограмма улучшенного изображения		
Исходное серое изображение	Улучшенное серое изображение	Гистограмма исходного изображения	Гистограмма улучшенного изображения		
					
					
					

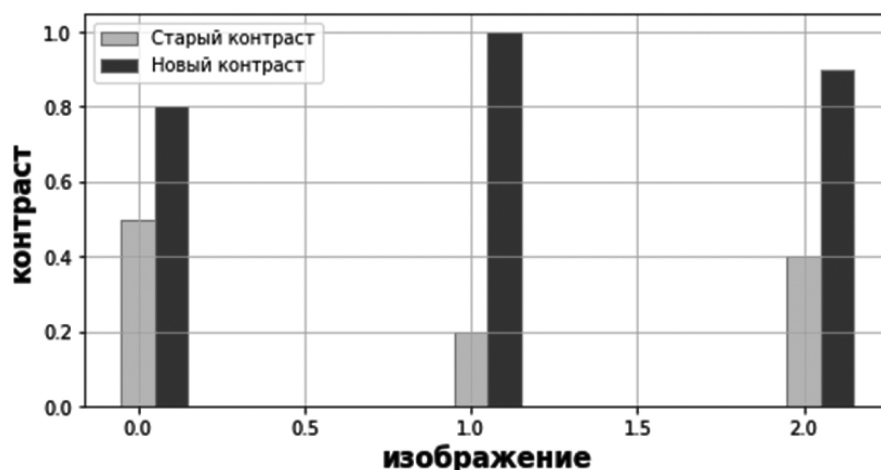


Рис. 2. Контраст до и после улучшения

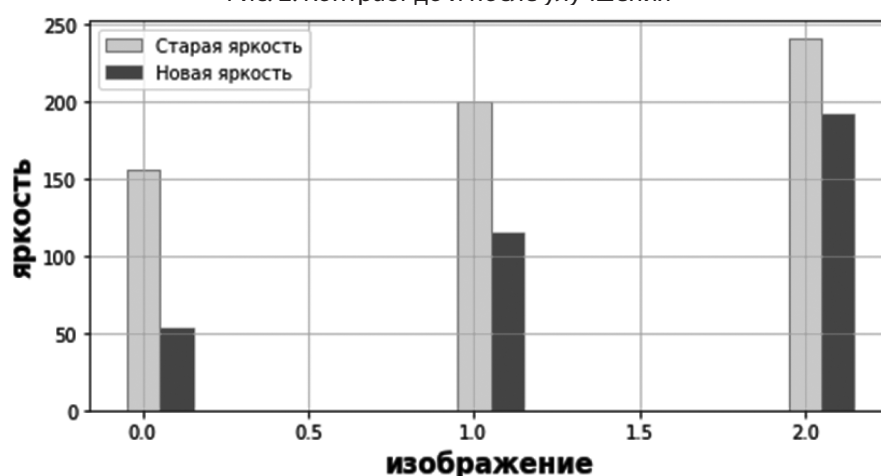


Рис. 3. Яркость до и после улучшения

ние будет отображать больше деталей, чем исходные изображения.

Результаты анализа показали, что новая зона яркости эффективна, и стало легче распознавать детали изображений.

Заключение

Оптимизация линейной интерполяции с помощью алгоритма Firefly оказалась эффективным методом улуч-

шения яркости в различных приложениях. Используя уникальные возможности алгоритма Firefly, мы смогли добиться значительного улучшения яркости и общей производительности. Этот процесс достаточно перспективен при повышении качества и эффективности линейной интерполяции, делая ее ценным инструментом для широкого спектра отраслей и приложений. Ожидается, что будущие исследования и разработки в этой области дадут все более значимые результаты, еще больше укрепив позицию алгоритма Firefly как важнейшего инструмента для оптимизации яркости в различных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bezryadin S., Bourov P., Ilinih D., Brightness Calculation in Digital Image Processing, // International Symposium on Technologies for Digital Photo Fulfillment, 2007. С.1. [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL:10.2352/ISSN.2169-4672.2007.1.0.10
2. Bourke P., Nearestneighbour weighted interpolation, Interpolation methods, 1999, С.1. [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL:https://www.researchgate.net/publication/246924712
3. Gilchrist A.L., Lightness, Brightness and Transparency, 2013, С. 113–116. [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL:https://books.google.ru/books?hl=ru&lr=&id=GpPXNh1bmK&oi=fnd&pg=PP2&dq=Lightness+and+brightness+Alan+L.+Gilchrist&ots=1020ecQTwy&sig=S1fxAli1XoxLTt7u6NSW0IngekY&redir_esc=y#v=onepage&q=Lightness%20and%20brightness%20Alan%20L.%20Gilchrist&f=false
4. Lehmann T.M., Oberschelp W., Pelikan E., Repges R., Bildverarbeitung für die Medizin: Grundlagen, Modelle, Methoden, Anwendungen (in German). Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1997.

5. Lehmann T.M., Gönner C., Spitzer K., Survey: Interpolation Methods in Medical Image Processing, 1999, С.1, [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL:10.1109/42.816070.
6. Thiruvikraman P. Course on Digital Image Processing with MATLAB (new), 2020. С. 16–18.
7. Wyszecki G., Stiles W.S., Color Science. Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae, Second Edition, John Wiley & Sons, 2000, С.117–119. [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL:https://books.google.ru/books?hl=ru&lr=&id=dOKdEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Color+Science.+Concepts+and+Methods&ots=_x02YEWdAk&sig=D-XqjOFZszTVHpfeITshiU1RfZw&redir_esc=y#v=onepage&q=Color%20Science.%20Concepts%20and%20Methods&f=false.
8. Yang X.S., Xing S.H., Firefly algorithm: recent advances and applications, 2013, С. 37–39. [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL:10.1504/IJSI.2013.055801.
9. Yang X.S. (2010). Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms. Luniver Press. 2010.С. 63–73, ISBN 978-1-905986-10-1. [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL:https://books.google.ru/books?hl=ru&lr=&id=iVB_ETlh4ogC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Nature-Inspired+Metaheuristic+Algorithms&ots=DydztfFKvb&sig=RvPw9Q61WBSz3N_CXGPpRph1PI&redir_esc=y#v=onepage&q=Nature-Inspired%20Metaheuristic%20Algorithms&f=false
10. Код ссылки: https://colab.research.google.com/drive/189HuFNm9MX4Anz4LsRT_kxZ5Nc_z-INg#scrollTo=HHSSIRMcAZYA

© Аль жанзир Зулфекар Муниф (1689419@bsuedu.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ АНТИВИРУСНОЙ ПРОГРАММЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИОННУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ ОТ БЫСТРОРАЗМНОЖАЮЩИХСЯ ВРЕДНОСНЫХ ПРОГРАММ

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF AN ANTIVIRUS PROGRAM THAT ENSURES INFORMATION SECURITY FROM RAPIDLY MULTIPLYING MALWARE

**I. Atlasov
G. Plotnikov
V. Elin**

Summary. The article discusses the features of countering malicious software capable of reproducing its copies for some time. Special attention is paid to the problem of detection and destruction by some antivirus program for some time under the following scenarios: The antivirus program copes with the rate of malware reproduction and destroys it on some generation of copies, or the antivirus program does not cope with this task and the process of malware reproduction gets out of control. The article discusses the methodology for evaluating the performance of an antivirus program based on the proposed conditions.

Keywords: malware, probability, mathematical expectation, generating function.

Атласов Игорь Викторович
профессор, Московский университет
МВД России имени В.Я. Кикотя

Плотников Герман Геннадьевич
профессор, Московский университет
МВД России имени В.Я. Кикотя
gr175@mail.ru

Елин Владимир Михайлович
доцент, Московский университет
МВД России имени В.Я. Кикотя;
Финансовый университет
при Правительстве Российской Федерации

Аннотация. В статье рассматриваются особенности противодействия вредоносному программному обеспечению, способному к воспроизведению своих копий в течение некоторого времени. Особое внимание уделено проблеме выявления и уничтожения некоторой антивирусной программой так же в течение некоторого времени при следующих вариантах развития ситуации: антивирусная программа справляется с темпом размножения вредоносной и на каком-то поколении копий уничтожает её, либо антивирусная программа не справляется с этой задачей и процесс размножения вредоносной выходит из-под контроля. В статье рассматривается методика оценки работы антивирусной программы исходя из предложенных условий.

Ключевые слова: вредоносное программное обеспечение, вероятность, математическое ожидание, производящая функция.

В современном мире, когда информационные технологии пронизывают все сферы человеческой жизни, вопрос обеспечения кибербезопасности становится критически важным [1]. Одним из главных элементов этой защиты является эффективная антивирусная защита различных информационных систем.

Требованиями регулятора установлена взаимосвязь между обеспечением информационной безопасности и определением совокупности информационных угроз [2]. Специальными нормативными документами ФСТЭК России определяют необходимость выявления и классификации угроз, что позволяет разработать индивидуальные способы и методы обнаружения, ликвидации и предупреждения для каждого компонента вредоносного программного обеспечения, исходя из того условия, что любая вредоносная программа имеет собственное предназначение и создана для достижения

определенной цели как по проникновению, так и по нанесению вреда информационной системе.

При этом государственный стандарт в области информационной безопасности, устанавливающий классификацию и перечень факторов, воздействующих на безопасность защищаемой информации, в целях обоснования угроз безопасности информации и требований по защите информации на объекте информатизации [3,4], определяя в качестве угрозы совокупность условий и факторов, создающих потенциальную или реально существующую опасность, нарушения безопасности информации, требует обращать особое внимание на возможность несанкционированного доступа к информации путем применения вирусов или другого вредоносного программного кода.

В профессиональной среде в качестве одной из классификаций вредоносного программного обеспечения

предлагается классификация по критериям функциональности [5]: исполнители (обладают точно заданной конечной логикой своего исполнения); распространители (по специфике распространения; помощники (функцией которых становится поддержание другого вредоносного программного обеспечения). Распределение конкретного вредоносного программного обеспечения по указанным классам представлено в табл. 1.

Таблица 1.
Классификация вредоносного программного обеспечения

Исполнители	Распространители	Помощники
Шифровальщик	Троян	Вирус
Локал	Червь	Логическая бомба
Стиллер	Программа удалённого доступа	Руткит
Спамер	Установщик	Буткит
Ботнет		Инициализатор
Очиститель		

В настоящее время к категории наиболее быстро-размножающегося вредоносного программного обеспечения следует относить отдельные программы, осуществляющие самокопирование без активных действий со стороны пользователей. Так, например SQL-Slammer, заразивший более 75 000 устройств, отправляет свой вредоносный код в поисках не защищенных антивирусными программами устройств по сгенерированным вредоносной программой случайным IP-адресам. Более современным примером вредоносного программного обеспечения данной категории выступает комбинация «червь + руткит» специально разработанная для эксплуатации уязвимостей в системах Linux. При этом руткит осуществляет воздействие на файлы операционной системы, а червь обеспечивает быстрое распространение фрагментов вредоносного кода.

При этом вредоносное программное обеспечение, относящееся к данной категории, обладает рядом признаков:

- проникают на компьютер, пользуясь ошибками и уязвимостями программ, работающих на компьютере и принимающих данные из сети в рамках реализации сетевых атак;
- саморазмножаются, проникая с заражённого компьютера на найденные в сети ещё незаражённые компьютеры;
- оказывают вредоносный эффект на текущем компьютере;
- реализует неустойчивую работу компьютеров сети (включая как зараженные, так и ещё не зараженные).

Рассматривая задачу антивирусной защиты программно-аппаратных комплексов, предположим, что в некоторой информационной системе появилась вредоносная программа, которая через определенные моменты времени воспроизводит сама себя в нескольких экземплярах, или детектируется и уничтожается антивирусной программой. Предположим, что вероятность воспроизведения k , ($k = 0, 1, 2, \dots$) вирусов в ближайшем

поколении равна $f_k > 0$, $\sum_{k=0}^{\infty} f_k = 1$. Очевидно, числа f_k за-

висят от антивирусной программы. Будем рассматривать только те случаи, когда антивирусная программа детектирует вредоносную программу. Далее, возможны варианты: антивирусная программа не дает ей размножиться, и на каком-то поколении уничтожает ее, либо не справляется с этой задачей.

Оценка вероятности размножения вредоносной программы

Вероятности f_k можно вычислить следующим образом. Возьмем информационную систему, которая нуждается в защите. Запускаем одновременно вредоносную программу и средство защиты от этой вредоносной программы. Далее, следим до первого размножения вредоносной программы и считаем количество копий, которых она успела воспроизвести. И этот эксперимент продлеваем m раз. Затем каждому числу копий k ставим в соответствие дробь, в числителе которой стоит благоприятных случаев (когда исходная программа создала k копий), в знаменателе общее число случаев — m . В результате получим число f_k . Остается каким-то образом оценить эти значения.

Далее, каждый новый временной срез вредоносной программы будем называть поколением. Количество вредоносных программ в n поколении обозначим через ζ_n . Вредоносные программы можно пронумеровать. Обозначим символом $\xi_i^{(j,n)}$, $1 \leq i \leq \zeta_n$ количество вредоносных программ, произведенных от i вредоносной программы в n поколении в j эксперименте. Если проводится только один эксперимент, то вместо обозначения $\xi_i^{(1,n)}$ будем использовать обозначение $\xi_i^{(n)}$. Согласно условиям задачи, независимо от поколения k и номера i , вероятность того, что случайная величина $\xi_i^{(n)}$ примет значение n .

$$P(\xi_i^{(k)} = n) = f_n \quad (1)$$

для всех натуральных n и нуля. По построению, мы считаем

$$f_k^{(m)} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \varphi_k(\xi_1^{(j,1)})$$

где

$$\varphi_k(x) = \begin{cases} 1, & x = k \\ 0, & x \neq k \end{cases}$$

Если существует натуральное число k_0 , такой что для некоторого $m > 10$ величины и всех $k > k_0$ выполнено равенство

$$f_k^{(m)} = f_k^{(2m)} = f_k^{(3m)} = 0$$

и, неравенство

$$f_{k-1}^{(m)} > 0$$

то с достаточно большой вероятностью можно утверждать, что ряды $\sum_{k=1}^{\infty} k f_k$ и $\sum_{k=1}^{\infty} k^2 f_k$ сходятся, то есть для случайной величины $\xi_i^{(k)}$ существует математическое ожидание и дисперсия.

Если такого k_0 не существует, то имеет смысл выбрать более надежную антивирусную программу.

Математическое обоснование методики подавления размножения вредоносных программ

Общая схема размножения преступлений выглядит следующим образом

$$\zeta_0 = 1, \zeta_1 = \xi_1^{(1)}, \zeta_2 = \begin{cases} \sum_{i=1}^{\zeta_1} \xi_i^{(2)}, & \zeta_1 \geq 1 \\ 0, & \zeta_1 = 0 \end{cases}, \dots, \zeta_n = \begin{cases} \sum_{i=1}^{\zeta_{n-1}} \xi_i^{(n)}, & \zeta_{n-1} \geq 1 \\ 0, & \zeta_{n-1} = 0 \end{cases}$$

Заметим, что набор случайных величин $\{\xi_i^{(n)}\}_{i=1}^{\zeta_{n-1}}$ и ζ_{n-1} независим в совокупности.

Рассмотрим ряд гипотез

$$H_k = \{\zeta_n = k\}, k = 0, 1, \dots$$

Очевидно, события $\{H_k\}_{k=0}^{\infty}$ образуют полную группу событий. Поэтому, для комплексного $z \in C, |z| \leq 1$ (С-множество комплексных чисел) и производящей функции $M(z^{\zeta_n})$ [6] по формуле полной вероятности для математических ожиданий выполнены равенства

$$\begin{aligned} M(z^{\zeta_n}) &= \sum_{k=0}^{\infty} M(z^{\zeta_n} / H_k) P(H_k) = \\ &= P(\zeta_n = 0) + \sum_{k=1}^{\infty} z^k P(\zeta_n = k) \end{aligned}$$

Обозначим

$$f_{(n)}(z) = M(z^{\zeta_n})$$

Поэтому, справедливо равенство

$$\begin{aligned} f_{(n)}(0) &= M(z^{\zeta_n}) \Big|_{z=0} = \\ &= P(\zeta_n = 0) + \sum_{k=1}^{\infty} P(\zeta_n = k) 0^k = \\ &= P(\zeta_n = 0) \end{aligned} \quad (2)$$

Рассмотрим ряд гипотез

$$G_k = \{\zeta_{n-1} = k\}, k = 0, 1, \dots$$

Очевидно, события $\{G_k\}_{k=0}^{\infty}$ образуют полную группу событий. По формуле полной вероятности [7] имеем

$$\begin{aligned} M(z^{\zeta_n}) &= \sum_{k=0}^{\infty} M(z^{\zeta_n} / G_k) P(G_k) = \\ &= \sum_{k=0}^{\infty} M \left(z^{\sum_{i=1}^{\zeta_{n-1}} \xi_i^{(n)}} / \zeta_{n-1} = k \right) P(\zeta_{n-1} = k) = \\ &= \sum_{k=0}^{\infty} M \left(z^{\sum_{i=1}^k \xi_i^{(n)}} / \zeta_{n-1} = k \right) P(\zeta_{n-1} = k) = \\ &= \sum_{k=0}^{\infty} M \left(\prod_{j=0}^k z^{\xi_j^{(n)}} \right) P(\zeta_{n-1} = k) \end{aligned}$$

Из независимости набора случайных величин $\{\xi_i^{(n)}\}_{i=1}^{\zeta_{n-1}}$ и ζ_{n-1} в совокупности и определения математического ожидания следует, что

$$\begin{aligned} M(z^{\zeta_n}) &= \sum_{k=0}^{\infty} \prod_{j=0}^k M \left(z^{\xi_j^{(n)}} \right) P(\zeta_{n-1} = k) = \\ &= \sum_{k=0}^{\infty} \left(M \left(z^{\xi_1^{(n)}} \right) \right)^k P(\zeta_{n-1} = k) = \\ &= M \left(\left(M \left(z^{\xi_1^{(n)}} \right) \right)^{\zeta_{n-1}} \right). \end{aligned}$$

Итак, доказана формула

$$f_{(n)}(z) = M(z^{\zeta_n}) = M \left(\left(M \left(z^{\xi_1^{(n)}} \right) \right)^{\zeta_{n-1}} \right) \quad (3)$$

Согласно формуле (1), для любого k можно корректно использовать обозначения для производящей функции [7]

$$f(z) = f_{(1)}(z) = M\left(z^{\xi_1^{(1)}}\right) = M\left(z^{\xi_1^{(k)}}\right) = \sum_{k=0}^{\infty} f_k z^k \quad (4)$$

Тогда формула (3) примет вид

$$f_{(n)}(z) = M\left(z^{\xi_n}\right) = M\left(\left(M\left(z^{\xi_1^{(n)}}\right)\right)^{\xi_{n-1}}\right) = f_{(n-1)}(f(z))$$

Подставляя и далее в эту формулу, получим,

$$\begin{aligned} f_{(n)}(z) &= f_{(n-1)}(f(z)) = f_{(n-2)}(f(f(z))) = \\ &= f_{(n-3)}(f(f(f(z)))) = \dots = \underbrace{f \dots (f(f(z)))}_n \end{aligned}$$

Обозначим

$$f_2(z) = f(f(z)),$$

$$f_3(z) = f(f_2(z)) = f(f(f(z))), \dots$$

$$f_k(z) = f(f_{k-1}(z)) = \underbrace{f \dots (f(f(z)))}_k$$

Используя эти обозначения, получим равенства

$$f_{(n)}(z) = f_n(z) = f(f_{n-1}(z)) \quad (5)$$

Обоснование существования процесса вырождения вредоносных программ

Найдем вероятность вырождения процесса, то есть вероятность того, что антивирусная программа не даст размножаться вредоносной программе и уничтожит ее. Это означает наступление события, состоящее в том, что начиная с некоторого номера n все $\zeta_n = 0$. Если $\zeta_n = 0$, то для всех $k = 1, 2, \dots, \zeta_{n+k} = 0$, или преступления больше не размножаются. Это следует из того, что

$$P(\zeta_{n+1} = 0 / \zeta_n = 0) = 1.$$

Обозначим $A_k = \{\zeta_k = 0\}$. В этом случае вырождение представляет собой событие $k = 1 \infty A_k$. Так как $A_n \subset A_{n+1}$, то из теоремы Вейерштрассе (монотонное возрастание последовательности $P(A_n)$ и ограниченность $P(A_n) \leq 1$) следует существование предела (вероятность вырождения) $q \leq 1$

$$q = P(k = 1 \infty A_k) = \lim_{n \rightarrow \infty} P(A_n).$$

Рассмотрим случайную величину $\xi_i^{(k)}$.

Теорема 1. Пусть у случайной величины $\xi_i^{(k)}$ конечны моменты первого и второго порядка, тогда вероятность вырождения q равна наименьшему неотрицательному корню уравнения $q = f(q)$.

Proof. Прежде всего заметим, что число 1 всегда является корнем уравнения $q = f(q)$. Имеем,

$$f(1) = \sum_{k=0}^{\infty} f_k = 1$$

Из формул (2), (5) имеем

$$P(A_n) = f_n(0) = f_{(n)}(0) \leq 1$$

Из вложения $A_n \subset A_{n+1}$ следует, что

$$f_n(0) = P(A_n) \leq P(A_{n+1}) = f_{n+1}(0) \leq 1 \quad (6)$$

Как замечено выше, согласно теореме Вейерштрассе, существует конечный предел

$$\lim_{n \rightarrow \infty} f_n(0) = q \leq 1. \quad (7)$$

Заметим, что для $|z| < 1$ ряд $\sum_{k=0}^{\infty} f_k |z|^k$ мажорируется сходящимся рядом $\sum_{k=0}^{\infty} f_k$. Отсюда следует его равномерная сходимость. Следовательно, для $|z| < 1$ ряд $\sum_{k=0}^{\infty} f_k z^k$ является непрерывной функцией. Перейдя в равенстве

$$f_n(0) = f(f_{n-1}(0)) \quad (8)$$

к пределу при $n \rightarrow \infty$ получим равенство

$$q = f(q). \quad (9)$$

Так как у случайной величины $\xi_i^{(k)}$ конечен момент первого порядка, то для $|z| < 1$ ряд $\sum_{k=0}^{\infty} k f_k |z|^{k-1}$ мажорируется сходящимся рядом $\sum_{k=0}^{\infty} k f_k$. Отсюда следует его равномерная сходимость и возможность почленного дифференцирования

$$f'(x) = \sum_{k=1}^{\infty} k f_k x^{k-1} > 0$$

Доказано, что функция $f(x)$ не убывает.

Так как у случайной величины $\xi_i^{(k)}$ конечен момент второго порядка, то для $|z| < 1$ ряд $\sum_{k=0}^{\infty} k(k-1) f_k |z|^{k-2}$ мажорируется сходящимся рядом

$$\sum_{k=0}^{\infty} k(k-1) f_k \leq \sum_{k=0}^{\infty} k^2 f_k < \infty.$$

Отсюда следует его равномерная сходимость и возможность почленного дифференцирования

$$f^*(x) = \sum_{k=2}^{\infty} k(k-1)f_k x^{k-2} > 0$$

Доказано, что функция $f(x)$ выпукла.

Заметим, что число

$$m = f(1) = \sum_{k=1}^{\infty} k f_k = M(\xi_1^{(1)})$$

является средним значением случайной величины $\xi_1^{(1)}$, то есть средняя величина потомства.

Рассмотрим несколько случаев.

1. Пусть $f_1 = P(\xi_1^{(1)} = 1) < 1$. И для этого случая рассмотрим несколько случаев.

(а) Пусть $m = f(1) \leq 1$, тогда для $0 < x < 1$ для неубывающей и выпуклой функции $f(x)$ имеем $f(x) > x$. То есть $q = 1$ и процесс вырождается с вероятностью 1.

(б) Пусть $m = f(1) > 1$, тогда для x близких к 1 справедливо неравенство

$$f(x) < x \quad (10)$$

Очевидно, на отрезке $0 < x < 1$ неубывающая и выпуклая функции $f(x)$ имеет либо два корня $q \leq 1$ и 1, либо один корень равный 1.

Покажем, что последовательность $f_n(0)$ не может стремиться к 1. То есть случай (а) точно не выполняется. Предположим противное. Пусть уравнение (9) имеет корень $q = 1$. Из равенства (6) и предположения следует, что последовательность $f_n(0)$ монотонно возрастая стремится к единице. Тогда последовательность $\delta_n = 1 - f_n(0)$ монотонно убывая стремится к нулю. Из непрерывности функции $f(x)$ и неравенства (10) следует, что для достаточно больших n справедливо неравенство

$$f(1 - \delta_n) < 1 - \delta_n. \quad (11)$$

Из неравенства (8) имеем

$$f_{n+1}(0) = f(f_n(0)) = f(1 - (1 - f_n(0))) = f(1 - \delta_n)$$

Поэтому, из неравенства (11), для достаточно больших n , имеем

$$\delta_{n+1} = 1 - f_{n+1}(0) = 1 - f(1 - \delta_n) > \delta_n.$$

Что противоречит монотонности убывания последовательности δ_n . Итак, доказано, что случай (а) не выполняется и корень уравнения (9) равен $q < 1$.

2. Рассмотрим случай, когда $f_1 = P(\xi_1^{(1)} = 1) = 1$. В этом случае

$$f(x) = f_1 x \equiv x.$$

Так как $f_0 = P(\xi_0^{(n)} = 0) = 0$, то процесс не может выродиться и, следовательно, $q = 0$. Заметим, что q является наименьшим корнем уравнения $f(x) = x$.

Описание методики по оценке работы антивирусной программы

Итак, общая модель оценки работы антивирусной программы имеет вид

1. Вычисляем значение

$$m = \sum_{k=0}^{\infty} k f_k \quad (12)$$

Если $m < 1$, то процесс вырождается с единичной вероятностью.

Вывод: при $m < 1$ антивирусной программы можно считать идеальной, в виду того, что число новых копий вредоносной программы будет безальтернативно сокращаться с вероятностью равной единице.

2. Пусть $m > 1$. Задаем некоторое α близкое к единице и ε близкое к нулю.

Далее, как сказано выше, существует число $0 < q < 1$, являющееся вероятностью вырождения, такое что для функции

$$f(z) = \sum_{k=0}^{\infty} f_k z^k, z \in C \quad (13)$$

справедливо равенство (9)

$$q = f(q) = \sum_{k=0}^{\infty} f_k q^k.$$

Согласно (7) для нахождения q можно воспользоваться рекуррентным соотношением (8)

$$q_0 = 0, q_1 = f(q_0), q_n = f(q_{n-1}) \quad (14)$$

Как сказано выше, последовательность q_n монотонно возрастает и стремится к q . Приближенное вычисление $q \approx q_n$ останавливается при выполнении условия [?]

$$|q_{n+1} - q_n| = |f(q_n) - q_n| < \varepsilon \quad (15)$$

для некоторого достаточно малого $\varepsilon > 0$.

Вывод: если $m > 1$ и $q > \alpha$, то работу антивирусной программы можно считать удовлетворительной, в виду того, что число новых копий вредоносной программы будет только сокращаться с вероятностью близкой к единице — $q \approx 1$.

Таким образом, следует обращать особое внимание на возможность несанкционированного доступа к информации путем применения вирусов или другого вредоносного программного кода, к категории наиболее быстроразмножающегося вредоносного программного обеспечения следует относить отдельные программы, осуществляющие самокопирование без активных действий со стороны пользователей. Антивирусная защита различных информационных систем является одним из главных элементов защиты критической информации.

онной инфраструктуры. При этом актуальными сценариями противодействия компьютерным атакам выступают следующие варианты развития ситуации: антивирусная программа справляется с темпом размножения вредоносной и на каком-то поколении копий уничтожает её, либо антивирусная программа не справляется с этой задачей и процесс размножения вредоносной выходит из-под контроля. Произведенными расчетами произведена оценка вероятности размножения вредоносной программы; а также математическое обоснование методики подавления размножения вредоносных программ.

На основании проведенных расчетов обосновано существование процесса вырождения вредоносных программ, т. е. вероятность того, что антивирусная программа не даст размножаться вредоносной программе и уничтожит ее. Математически доказано, что работу антивирусной программы можно считать удовлетворительной, в виду того, что число новых копий вредоносной программы будет только сокращаться с вероятностью близкой к единице.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жарова А.К. Обеспечение суверенитета Российской Федерации в информационной сфере / А.К. Жарова // Государственная власть и местное самоуправление. — 2024. — № 9. — С. 41–45. — DOI 10.18572/1813-1247-2024-9-41-45. — EDN MTSBWP.
2. Об утверждении требований по защите информации, не составляющей государственную тайну, содержащейся в государственных информационных системах: Приказ ФСТЭК России от 11 февр. 2013 г. № 17 // Официальный сайт ФСТЭК России. 61 URL: <http://fstec.ru/normotvorcheskaya/akty/53-prikazy/702-prikaz-fstek-rossii-ot-11-fevralya2013-g-n-17> (дата обращения: 22.06.2016).
3. ГОСТ Р 51275–2006. Защита информации. Объект информатизации. Факторы, воздействующие на информацию. Общие положения. М.: Стандартинформ, 2007. 7 с.
4. ГОСТ Р 50922–2006. Защита информации. Основные термины и определения. М.: Стандартинформ, 2007. 12 с.
5. Классификация вредоносного ПО на основе композиций и комбинирования // <https://habr.com/ru/articles/748254/>
6. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. М.: УРСС, 2001.
7. Боровков А.А. Теория вероятностей. М.: Наука, 1986.
8. Крамер Г. Математические методы статистики Москва, Мир, 1976.
9. Андерсон Т.В.Г. Введение в многомерный статистический анализ Москва, Физматгиз, 1963.
10. Бартлетт М.С.Г. On the theory of statistical regression Proc. Roy. Soc. Edinburgh. — 1933.— V. 53.— P. 260–283
11. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. М.: Наука, 1966.
12. Гнеденко Б.В., Колмогоров А.Н. Предельные распределения для сумм независимых случайных величин. М.: Гостехиздат, 1949.
13. Головина Л.И. Линейная алгебра и некоторые ее приложения. М.: Наука, 1975.
14. Колмогоров А.Н. Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Springer-Verlag, 1933. [Рус. пер.: Основные понятия теории вероятностей. — М.: ОНТИ, 1936; М.: Наука, 1974.]
15. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. М.: Наука, 1972.

© Атласов Игорь Викторович; Плотников Герман Геннадьевич (gr175@mail.ru); Елин Владимир Михайлович
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАСПОЗНАВАНИЕ СНИМКОВ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

RECOGNITION OF MAGNETIC RESONANCE IMAGES USING INTELLIGENT SYSTEMS

**Z. Akhmedova
A. Gadzhiev
Z. Medzhidov
M. Gadzhiev**

Summary. Currently, the creation of tools and intelligent platforms for the use of resting-state functional magnetic resonance imaging (fMRI) in surgery is a relevant area of research. These tools can significantly improve the accuracy and efficiency of surgical planning, reduce resource costs, and improve clinical practice. Examples of such developments are computer vision systems for automatic image segmentation, neural network models for pathology classification and generative models for synthesizing new data. The use of these technologies in medicine has great potential for improving the quality of life of patients and increasing the efficiency of healthcare. The purpose of the work is to study modern information technologies using artificial intelligence systems for recognizing magnetic resonance imaging of the brain. The results of the work include the developed intelligent program, as well as a comparative analysis of decoding images of magnetic resonance imaging of the brain.

Keywords: image recognition, functional magnetic resonance imaging of the brain, intelligent systems, neural networks, image segmentation, computer vision.

Введение

Современные информационные технологии с применением систем искусственного интеллекта решают множество прикладных задач практически во всех сферах жизнедеятельности человека, в том числе и в медицине. Распознавание изображений рентге-

Ахмедова Зухра Халипаевна
кандидат физико-математических наук, доцент,
заведующая кафедрой, ФГБОУ ВО «Дагестанский
государственный университет»
zuhra2473@mail.ru

Гаджиев Амир Маликович
кандидат физико-математических наук, доцент, ФГБОУ
ВО «Дагестанский государственный университет»
amgadzhiev@mail.ru

Меджидов Заур Уруджалиевич
кандидат экономических наук, доцент,
ГАОУ ВО «Дагестанский государственный университет
народного хозяйства»
zaur-medzhidov@mail.ru

Гаджиев Малик Амирович
магистрант, ФГБОУ ВО «Дагестанский
государственный технический университет»
predator.steam@mail.ru

Аннотация. В настоящее время создание инструментов и интеллектуальных платформ для применения функциональной магнитно-резонансной томографии состояния покоя (фМРТп) в хирургии является актуальным направлением исследований. Эти инструменты могут значительно повысить точность и эффективность планирования операций, снизить затраты ресурсов и улучшить клиническую практику. Примерами таких разработок являются системы компьютерного зрения для автоматического сегментирования изображений, нейросетевые модели для классификации патологий и генеративные модели для синтеза новых данных. Применение этих технологий в медицине имеет огромный потенциал для улучшения качества жизни пациентов и повышения эффективности здравоохранения. Цель работы — исследовать современные информационные технологии с применением систем искусственного интеллекта для распознавания снимков магнитно-резонансной томографии головного мозга. К результатам работы следует отнести разработанную интеллектуальную программу, а также сравнительный анализ по расшифровке изображений магнитно-резонансной томографии головного мозга.

Ключевые слова: распознавание изображений, функциональная магнитно-резонансная томография головного мозга, интеллектуальные системы, нейронные сети, сегментация снимков, компьютерное зрение.

новских снимков, изображений магнитно-резонансной томографии (МРТ) формата DICOM, анализ данных ультразвукового исследования посредством интеллектуальных систем представляет неоценимую помощь специалистам медикам в решении своих задач.

Так же помощь в этом направлении оказывают онлайн сервисы, доступ к которым можно получить по гло-

бальной сети. Такие онлайн-платформы предоставляют специалистам-медикам большой спектр услуг, который включает не только количественный и качественный анализ полученных изображений, но и возможность обсудить с экспертами в этой области полученных результатов, доступ к базе данных ранее проводимых исследований и т.д. Web-платформы или доступ к ним могут себе позволить лишь крупные научно-исследовательские, медицинские центры. Большим подспорьем специалистам-медикам в расшифровке изображений магнитно-резонансной томографии головного мозга было бы иметь небольшую, но вполне доступную интеллектуальную программу, хотя бы на начальном этапе исследования.

В частности, исследование изображений, полученных путем функциональной МРТ, принцип которой основан на парамагнитных свойствах гемоглобина, с различным содержанием присоединённого кислорода, позволяет определить кровообращение, активность головного мозга человека и другие параметры, по которым можно судить о состоянии пациента, правильно поставить диагноз. Функциональная МРТ (фМРТ) позволяет проводить исследования с целью диагностики тяжелых заболеваний мозга человека на различных стадиях. Последние исследования в области нейровизуализации позволяют с достаточно высокой точностью (72 %–90 %) установить взаимосвязь изображений фМРТ человеческого мозга с тем, что испытуемый видит перед собой [1]. Существуют множество методов, используемых в нейровизуализации с целью получения изображений МРТ для дальнейшей диагностики различных заболеваний [2–4].

Распознавание подобных изображений осуществляется специалистами-медиками, которые используют знания, накопленный опыт, а также возможности интеллектуальных программ. Ведущие клиники владеют подобными сервисами, а также предоставляют специалистам-медикам определенный перечень услуг связанных с распознаванием снимков МРТ формата DICOM и установления диагноза [5]. Но большинство подобных учреждений не в состоянии предоставить и программное обеспечение и базы данных для исследования изображений МРТ с целью обобщения накопленного материала в области нейровизуализации. Поэтому актуальным является создание интеллектуальной системы способной распознавать изображения МРТ, с целью исследования и установления правильного диагноза.

Материалы и методы исследования

Компьютерный анализ и расшифровка изображений полученных путем МРТ является важной прикладной задачей в исследовании изображений головного мозга человека. На сегодняшний день существует множество методик, позволяющих специалистам медикам оценить

состояние пациента по соответствующим МРТ головного мозга. Посильную помощь в этой работе оказывают экспертные и интеллектуальные программы позволяющие анализировать и расшифровать подобные изображения на наличие всевозможных изменений и отклонений.

Магнитно-резонансная томография, основанная на явлениях ядерного магнитного резонанса с последующим откликом ядер атомов водорода в тканях человеческого организма уже более полувека, используется для диагностики внутренних органов [7]. За это время накоплен большой опыт работы и разработано множество методов, позволяющих изучить структуру внутренних органов по соответствующим изображениям МРТ. Особый интерес представляют методы диагностики по МРТ изображениям головного мозга человека.

МРТ снимок формата DICOM представляет собой карту электромагнитных сигналов, полученных от различных областей человеческого мозга. Основные составляющие таких сигналов являются амплитуда, частота и фаза, которые выделяются в базовые соотношения сигнал/шум и контраст/шум. Среди наиболее распространенных и перспективных методик можно выделить диффузионно-тензорную МРТ [8]. Молекула воды в пространстве определяется величиной и направлением, которые представляют тензор диффузии. В зависимости от неоднозначности свойств среды, данный метод позволяет получить значения от 0 до 1 в условиях соответственно изотропной и абсолютно анизотропной диффузии. МРТ снимки представляют собой черно белую карту с градацией серых оттенков.

Новым способом визуализации МРТ является метод изображений, взвешенных по магнитной восприимчивости (SWI) [9]. Полученные данным путем изображения содержат информацию о веществе, магнитная восприимчивость которого будет отличаться. Данный способ позволяет специалистам-медикам получать информацию о большом количестве заболеваний.

Функциональный метод МРТ позволяет не только определить структуру вещества головного мозга, но и функционирование его отдельных зон [10]. Этот способ, в основу которого заложено отклик сигналов гемоглобина, насыщенного кислородом, позволяет определять активные зоны по кровотоку, которым снабжаются нейронные связи. Данный метод, в отличие от других позволяет изучить функционирование головного мозга, его отдельных зон при выполнении заданий: двигательных, речевых, зрительных, когнитивных. Поэтому представляет большой интерес создание компьютерных интеллектуальных систем, способных распознавать, обрабатывать и анализировать информацию с фМРТ изображений.

Для создания систем искусственного интеллекта (ИИ), позволяющих распознавать изображения, в том числе и снимки МРТ формата DICOM используются разнообразные математические алгоритмы, как деревья решений, методы опорных векторов, Марковские цепи и т.д. [11]. Но наиболее удачные реализации систем ИИ базируются на применении нейронных сетей глубокого машинного обучения. Применение подобных систем в распознавании МРТ снимков, позволяют выявить и диагностировать различные заболевания. Так в работе [12] показан пример созданной интеллектуальной системы способной выявлять болезнь Альцгеймера на различных стадиях. В работе [13] описывается создание и применение программы, позволяющей выявлять и сегментировать участки головного мозга при рассеянном склерозе, где точность выявления аномалий составляла 87 %. Подобный список примеров использования систем ИИ на основе искусственной нейронной сети в медицине можно было бы продолжать долго, но хочется отдельно отметить работу [15] в которой рассматривается проблема пополнения базы данных, которые используются для глубокого обучения подобных систем ИИ. Создание и доступ к подобным базам дал бы широкие возможности создателям, в плане глубокого обучения интеллектуальных систем по распознаванию снимков.

Процесс распознавания представляет собой классификацию, т.е. сопоставление и занесение объекта на изображение в некоторый класс.

Искусственная нейронная сеть — являет собой некую структуру взаимосвязанных математических процессов, реализующих вычисления. Одно из достоинств нейронной сети как системы ИИ — это возможность обучения. Процесс обучения представляет собой в подборе коэффициентов связей между отдельными элементами сети, при которых зависимость между входными и выходными сигналами составляли бы определенную зависимость. Для получения положительных результатов при работе нейронной сети, необходимо обучение проводить с большим количеством образов. Но, кроме этого, сама нейронная сеть должна иметь многослойную структуру, позволяющую применение глубокого обучения. Задача классификации опухолей была решена в работе [15] на основе пред обученной сети Xception [16].

Результаты

Для создания нейронной сети позволяющей распознавать МРТ снимки головного мозга была использована вычислительная среда MATLAB, которая помимо того, что содержит множество полезных интеллектуальных функций, способна создавать приложения, самостоятельно функционирующих на компьютере.

MATLAB представляет совокупность прикладных программ с различными функциональными возможно-

стями. Имеет множество встроенных, функций и, благодаря организации данных, идеально подходит для обработки матриц, в том числе и изображений. В работе использовался известный метод опорных векторов (SVM), который позволяет сегментировать изображения путем сопоставления отдельных областей. Данный метод машинного обучения относится к методам обучения с учителем. Обучение нейронной сети проводилось на готовых алгоритмах классификации путем создания обучающих выборок. Тренировочные дата сет были задействованы с интернет-ресурса [17]. Они сохранялись в отдельном файле в виде многомерной матрицы с заранее предустановленными числовыми значениями, которым соответствуют ранее исследованные изображения выборок, которые предстали собой черно-белые 8-битные изображения. Последовательность действий была следующая: загрузка изображений, предварительная обработка, создание тренировочного пакета, обучение нейронной сети, вычисление параметров точности и статистических показателей. Обучающая выборка, созданная с помощью специализированного редактора MATLAB, которая подгружалась в процессе работы системы, содержала информацию в виде МРТ снимков формата DICOM различных типов опухолей.

После загрузки, анализа и исследования испытуемого МРТ снимка система выдает важные показатели, по которым можно судить о точности распознавания. Это параметры линейной, квадратичной и полигональной точности. На всех испытаниях линейная точность всегда выше квадратичной и полигональной, что свидетельствует об отсутствии грубых ошибок в процессе классификации.

Основным результатом работы системы является определение типа опухоли. Испытания показали точность распознавания — 97 %, что свидетельствует о правильном выборе методик классификации.

Обсуждение

Помимо главных показателей, по которым выдается основной результат — классификация и качество проведенного анализа, система генерирует статистические данные исследования снимков МРТ. Эти показатели позволяют оценить качество распознавания и возможные погрешности, которые подлежат обсуждению.

В частности, такой показатель как стандартное отклонение представляет собой оценка среднеквадратического отклонения математического ожидания. В качестве исследуемых данных рассматривается значение яркости пикселей МРТ-снимка формата DICOM. Вычисление производилось на пересекающихся областях снимка, которые предварительно делили изображение, и в каждой области находилось значение стандартного

отклонения, по которым формировался вектор признаков. Полученные значения при испытаниях показали незначительные изменения.

Распознавание паталогических изменений нейронной сетью осуществлялось по принципу схожести в [19], где в качестве функции активации последнего слоя использовалась сигмоида Ферми. Поэтому важно было знать значение функции потерь — бинарной кросс-энтропии. Энтропия вычислялась, как отношение суммы значений класса изображений к количеству выборов.

Обязательным условием при распознавании изображений является применение механизма сглаживания с целью подавления возможных шумов на изображении. Для этих целей в работе использовался фильтр размытия Гаусса. После распознавания программой выдавалось значение, которое соответствовало разности между низкочастотным и высокочастотным фильтрами Гаусса.

Коэффициент корреляции Пирсона использовался для проверки статистической гипотезы значимости силы корреляционных связей при определении схожести объектов на изображении. При распознавании и определении типа опухоли программа выдавала значение корреляции близкой значению 1, что свидетельствовало о точности распознавании.

Важными показателями при распознавании МРТ-снимков мозга человека являются асимметричность, однородность и контраст. В программе данные показатели рассчитывались по предложенным в работе методам. Показатель асимметричности показывал степень межполушарной асимметрии мозга на испытуемых МРТ снимках, который является очень важным в вопросах, связанных с деятельностью мозга. Значения данного параметра необходимо в использовании применительно к исследованию фМРТ снимков. Показатели однородности и контраста показывает значение расхождения уровня относительной яркости пикселей в исследуемой области снимка МРТ. По полученным значениям этих показателей можно судить о возможных структурных изменениях исследуемых областей мозга, которые не всегда могут адекватно восприниматься специалистами-медиками на МРТ снимках.

Выводы

Исследование головного мозга человека полученных с помощью МРТ-снимков сегодня бурно развивается,

имеется достаточно большое количество работ, посвященных этой тематике. В них рассматриваются и вопросы связанные с принципами проведения МРТ, анализом полученных изображением, а также применением систем искусственного интеллекта для расшифровки полученных результатов.

В данной работе были рассмотрены принципы создания МРТ-изображений, их качественные различия и перспективы использования полученных изображений для дальнейшего анализа и постановки диагноза. Изучены подходы применения систем искусственного интеллекта для анализа и распознавания МРТ-снимков. На основе искусственной нейронной сети, а также с помощью вычислительного пакета MATLAB было создано программное обеспечение, позволяющее расшифровать МРТ-снимки формата DICOM с целью установления и выделения областей мозга человека на наличие опухолей и установления их типа.

Созданная система решает ряд практических задач:

- 1) Распознавание и сегментация областей на МРТ-изображениях;
- 2) Расчет показателей точности, по которым можно судить о качестве проведенной классификации;
- 3) Вычисление количественных значений статистического характера, которые так же характеризуют качество процесса распознавания изображений;
- 4) Проведение общего качественного анализа, с выдачей результатов и рекомендаций для специалистов-медиков.

Применение подобных интеллектуальных систем позволяет решить ряд практических вопросов, таких как помощь при постановке диагноза, исключение ошибок, связанных с человеческим фактором, количественные характеристики исследуемых областей. Дальнейшее развитие систем искусственного интеллекта для распознавания МРТ-изображений имеет и качественные перспективы. В частности, технология исследования фМРТ-изображений, основанная на функциональном анализе, позволит в будущем создание интерфейсов для людей с ограниченными возможностями, воспроизведение мысленных образов. Поэтому очень важным для развития нейровизуализации является адекватное распознавание изображений МРТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. B. Keim. Brain Scanner Can Tell What You're Looking At WiredNews (5 March 2008). <https://www.wired.com/2008/03/brain-scanner-can-tell-what-youre-looking-at/> (дата обращения: 22.01.2025)
2. Maratskaya N.V., Devyaltovskaya M.G., BuchelYu.Yu., Ulezko E.A. Methods of neuroisization in diagnosis of pathological changes in the children's brain. Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, Medical series. 2017;(4):120–128.
3. Пирадов М.А., Танащян М.М., Кротенкова М.В., Брюхов В.В., Кремнева Е.И., Коновалов Р.Н. Передовые технологии нейровизуализации // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2015. Т. 9. № 4. С. 11–18.
4. Хараузов А.К., Васильев П.П., Соколов А.В., Фокин В.А., Шелепин Ю.Е. Анализ изображений функциональной магнитно-резонансной томографии головного мозга человека в задачах распознавания текстур // *Оптический журнал*. 2018. Т. 85. № 8. С. 22–28.
5. НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева. <https://bakulev.ru/patients/articles/pravila-podgotovki-k-issledovaniyam/magnitno-rezonansnaya-tomografiya-mrt-pravila-podgotovki-k-issledovaniyu/> (дата обращения: 18.01.2025)
6. Coenen V.A., Schlaepfer Th.E., Allert N., Mädler B. Diffusion Tensor Imaging and Neuromodulation: DTI as Key Technology for Deep Brain Stimulation. *International Review of Neurobiology*, 2012, Volume 107, Elsevier: 207–234.
7. Захарова Н.Е., Корниенко В.Н., Потапов А.А., Пронин И.Н. Нейровизуализация структурных и гемодинамических нарушений при травме мозга. М., 2013. 160 с.
8. Pasley B.N., Freeman R.D. Neurovascular coupling. *Scholarpedia*, 2008; 3 (3): 5340.
9. Гусев А.В., Добридень С.Л. Искусственный интеллект в медицине и здравоохранении // *Информационное общество*. 2017. № 4–5. С. 78–93.
10. Koikkalainen J., Rhodius-Meester H., Tolonen A., Barkhof F., Tijms B., Lemstra A.W. et al. Differential diagnosis of neurodegenerative diseases using structural MRI data. *NeuroImageClin* 2016; 11: 435–49.
11. Bilello M., Arkuszewski M., Nucifora P., Nasrallah I., Melhem E.R., Cirillo L., Krejza J. Multiple sclerosis: identification of temporal changes in brain lesions with computer-assisted detection software. *Neuroradiol J*. 2013; 26 (2):143–50.
12. Tzallas A.T., Tsipouras M.G., Fotiadis D.I. Epileptic seizure detection in EEGs using time-frequency analysis. *IEEE Trans InfTechnol Biomed*. 2009; 13(5):703–710.
13. Мирошниченко А.С., Михелев В.М. Решение задачи классификации опухолей головного мозга на снимках МРТ / В сборнике: *Суперкомпьютерные дни в России. Труды международной конференции*. 2019. С. 227–228.
14. Нейронные сети — описание URL: <https://keras.io/applications/> (дата обращение 21.09.2024)
15. S. Chilamkurthy, R. Ghosh, S. Tanamala, M. Biviji, N.G. Campeau, V.K. Venugopal, V. Mahajan, P. Rao, P. Warier. Development and Validation of Deep Learning Algorithms for Detection of Critical Findings in Head CT scan. http://headctstudy.qure.ai/explore_data (дата обращение 25.01.2025)
16. Федотов Н.Г., Никифорова Т.В. Методы предварительной обработки изображений на основе trace-преобразования // *Математические методы распознавания образов*. 2003. Т. 11. № 1. С. 466–469.
17. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G.E. ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Communications of the ACM* 2017; 60(6): 84–90.

© Ахмедова Зухра Халипаевна (zuhra2473@mail.ru); Гаджиев Амир Маликович (amgadzhiev@mail.ru);
Меджидов Заур Уруджалиевич (zaur-medzhidov@mail.ru); Гаджиев Малик Амирович (predator.steam@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ОКАЗАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ УСЛУГ МЧС РОССИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ МНОГОМОДАЛЬНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

MODELS OF THE PROCESS OF RENDERING PUBLIC SERVICES TO THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS OF RUSSIA USING THE TECHNOLOGY OF MULTIMODAL INTERACTION

**A. Bektimirov
O. Romashkova
S. Chiskidov**

Summary. The study focuses on developing a model for the processes involved in delivering public services provided by the Russian Ministry of Emergency Situations (EMERCOM) using multimodal interaction technology. The primary goal was to enhance the quality and efficiency of communication with citizens and organizations. The research resulted in the creation of functional process diagrams and a database that integrates various communication channels into a unified information system.

Keywords: multimodal interaction, public services, process model, database, EMERCOM of Russia, citizen communication system.

Бектимиров Алексей Александрович

Аспирант, ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет (МГПУ)»
bektimirovaa283@gmail.com

Ромашкова Оксана Николаевна

Доктор технических наук, профессор, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС) г. Москва
ox-rom@yandex.ru

Чискидов Сергей Васильевич

Кандидат технических наук, доцент, профессор, ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России», г.о. Химки, Московская область
chis69@mail.ru

Аннотация. Исследование посвящено разработке модели процессов предоставления государственных услуг, оказываемых МЧС России, с использованием технологии многомодального взаимодействия. Основной целью работы являлось повышение качества и эффективности взаимодействия с гражданами и организациями. В результате проведенного исследования были созданы функциональные схемы процессов и база данных, интегрирующая различные каналы коммуникации в единую информационную систему.

Ключевые слова: многомодальное взаимодействие, государственные услуги, модель процесса, база данных, МЧС России, система взаимодействия с гражданами.

Введение

Современные подходы к предоставлению государственных услуг основываются на необходимости создания удобных условий для взаимодействия граждан с органами государственной власти [1]. Для повышения результативности и упрощения процессов, выполняемых МЧС России, целесообразно внедрение технологий многомодального взаимодействия, объединяющих виртуальную реальность, мультимедийные решения и современные коммуникационные инструменты [2].

При моделировании процесса предоставления государственных услуг в системе МЧС России с использованием данных технологий требуется решить следующие задачи:

1. Построить функциональные схемы, которые обеспечат интеграцию взаимодействия граждан с подразделениями МЧС через существующие и новые каналы связи [3].

2. Создать централизованную базу данных для обработки запросов и обмена сведениями.
3. Оценить уровень автоматизации процессов оказания услуг, с акцентом на удобство для пользователей и сотрудников ведомства.

Разработка функциональной схемы процессов многомодального взаимодействия и обработки данных в программных системах МЧС России

Функциональная схема, описывающая процессы многомодального взаимодействия и обработки данных в программных системах МЧС России, была разработана с применением IDEF0-нотаций, а также с использованием программного обеспечения CA ER Win Process Modeler.

На рисунке 1 представлена контекстная диаграмма верхнего уровня, в которой представлен процесс оказа-

ния государственных услуг МЧС России с применением технологии многомодального взаимодействия [4].

Эта диаграмма демонстрирует, как на основе входящих данных и управляющих факторов организуется процесс предоставления государственных услуг. Выходные данные позволяют анализировать результативность и предоставляют пользователям удобные механизмы получения информации [5].

На рисунке 2 представлена контекстная диаграмма А0 уровня, в которой представлены подфункции процесса оказания государственных услуг МЧС России с использованием технологии многомодального взаимодействия. Она представляет собой декомпозицию процесса верхнего уровня [6].

Функции (блоки процессов):

1. Выбрать госуслугу МЧС России:
- на основе запроса каталога госуслуг или порядка их оказания заявитель выбирает услугу, подходящую под его требования [4];

— используются справочные материалы, такие как каталог госуслуг или нормативно-правовые акты.

2. Рассмотреть заявку на госуслугу МЧС России:
- проводится проверка заявки и предоставленных сведений о заявителе;

— анализируются дополнительные документы заявителя, а также запрашиваются необходимые данные от других государственных органов или партнеров.
3. Оказать госуслугу МЧС России:
- основной процесс предоставления услуги, включающий взаимодействие с заявителем и использование данных, полученных от партнерских организаций или других государственных органов.
4. Рассмотреть отзывы о госуслугах МЧС России:
- анализируются отзывы заявителей о качестве оказанных услуг, помогающие выявить недочеты и улучшить взаимодействие.
5. Выполнить учет оказанных госуслуг МЧС России:
- ведется учет всех предоставленных услуг, позволяющий отслеживать эффективность работы.
6. Сформировать отчеты о госуслугах МЧС России:
- генерируются итоговые отчеты об оказанных услугах для руководства и анализа отзывов и предложений.

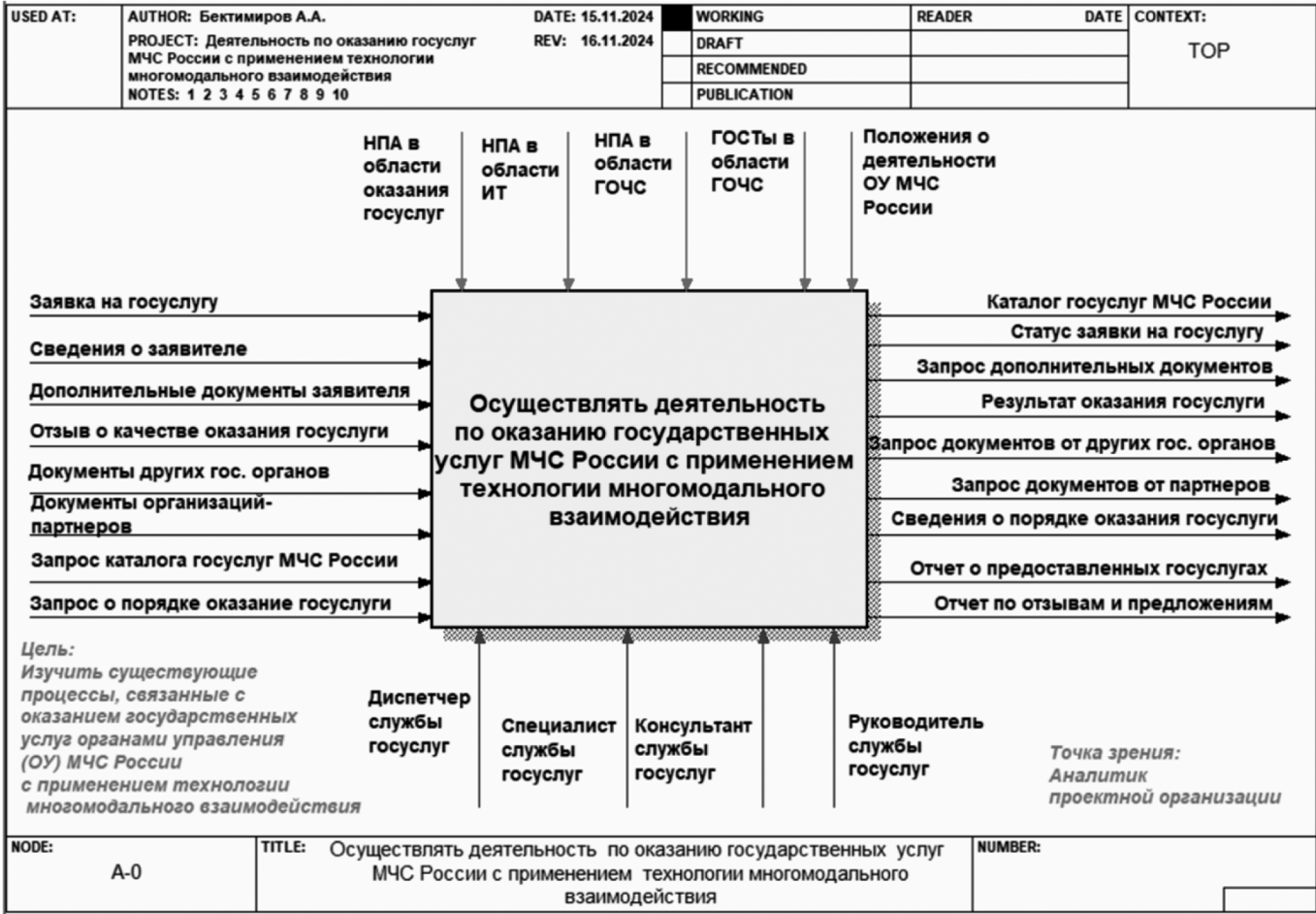


Рис. 1. Контекстная диаграмма верхнего уровня

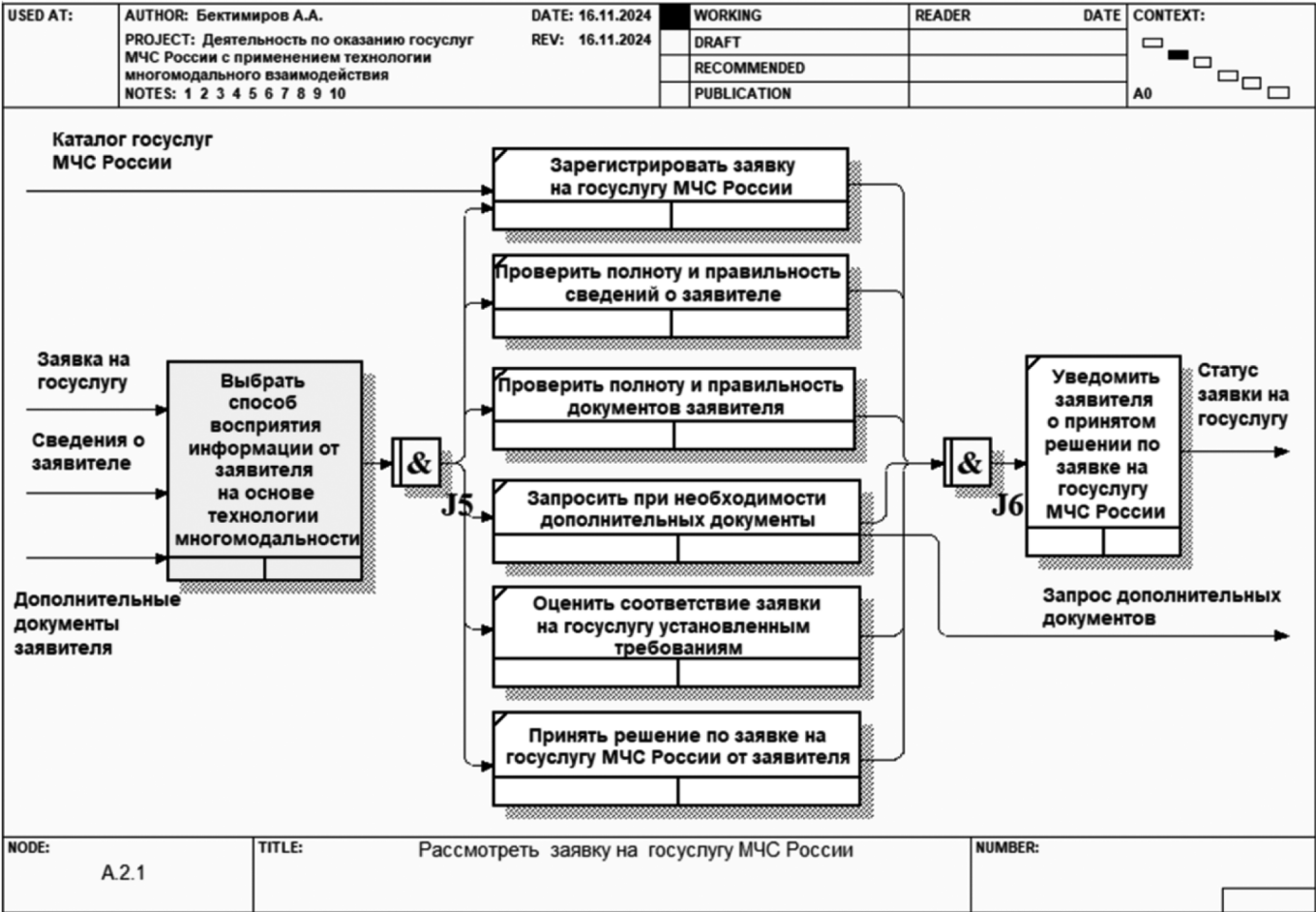


Рис. 3. Процесс «Рассмотреть заявку на госуслугу МЧС России»

- запрос дополнительных документов при обнаружении каких-либо несоответствий или нехватке данных.
- оценка соответствия, предусматривающая проверку соответствия заявки установленным нормативным требованиям.

3. Принятие решения.

Этап принятия решения объединяет следующие действия:

- после завершения проверки заявка проходит процедуру анализа, по итогам которой принимается решение;
- решение фиксируется в системе и передается в следующий этап.

4. Уведомление заявителя.

Этап J6 объединяет следующие действия:

- информирование заявителя о принятом решении (одобрение, отказ или запрос дополнительных данных);
- формирование статуса заявки на госуслугу, который может быть обновлен в режиме реального времени.

На рисунке 4 представлен процесс «Выбрать способ восприятия информации от заявителя на основе технологии многомодальности».

Поясним содержание основных этапов выполнения процесса, представленного на рисунке 4.

1. Определения типа введенной информации (узел J7).

Первым шагом система идентифицирует тип информации, предоставленной заявителем:

- текстовая информация, вводимая через клавиатуру или другие текстовые интерфейсы;
- голосовая информация, вводимая с использованием речевых команд;
- визуальная информация, базирующаяся на распознавании жестов, изображений или видео;
- сенсорная информация, предусматривающая взаимодействие через сенсорные панели или устройства.

2. Восприятие и обработка информации.

После идентификации типа входной информации система активирует соответствующий канал обработки:

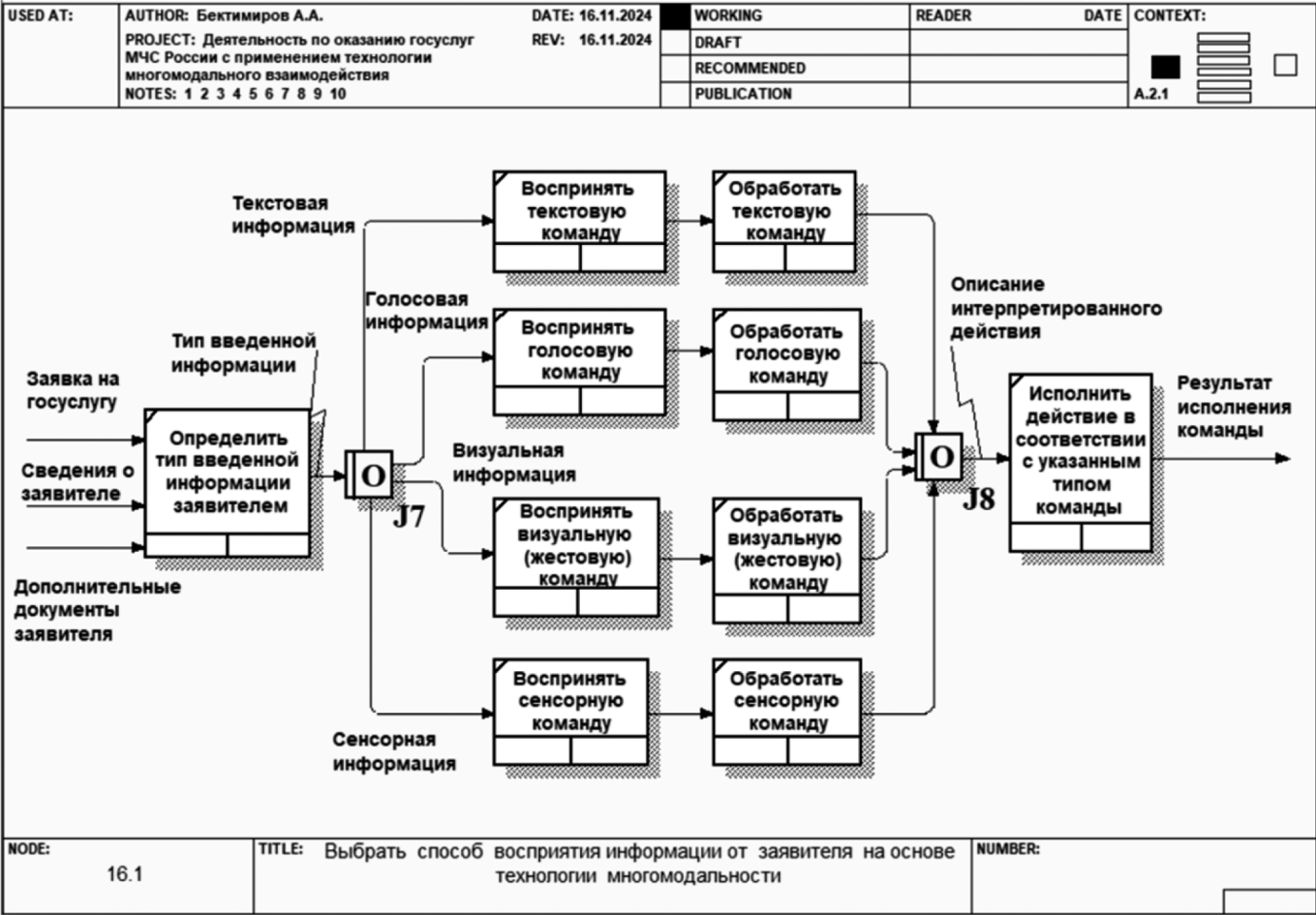


Рис. 4. Процесс «Выбрать способ восприятия информации от заявителя на основе технологии многомодальности»

- Для текстовой информации:
- система воспринимает текстовую команду;
 - выполняет её интерпретацию и обработку.
- Для голосовой информации:
- голосовая команда записывается и распознается;
 - производится анализ команды с использованием технологий обработки естественного языка.
- Для визуальной информации:
- система анализирует визуальные сигналы (например, жесты или изображения);
 - происходит их обработка и преобразование в понятные команде действия.
- Для сенсорной информации:
- считываются сигналы с сенсорных устройств;
 - выполняется их обработка.
3. Интерпретация команды (узел J8).
- После обработки информация передается в блок интерпретации действия:
- система анализирует команду и сопоставляет её с заранее заданным набором инструкций;

- на основе интерпретации определяется конкретное действие, которое должно быть выполнено.
4. Исполнение действия.
- Заключительный этап — выполнение интерпретированной команды. Результат исполнения фиксируется и может быть передан пользователю для подтверждения или уведомления.
- Основные преимущества использования технологии многомодальности:
1. Гибкость взаимодействия: Возможность использования различных форм ввода данных делает систему универсальной и удобной для всех категорий пользователей.
 2. Улучшение доступности: Поддержка голосовых и визуальных команд расширяет доступ для пользователей с ограниченными возможностями.
 3. Высокая точность: Разделение этапов обработки снижает вероятность ошибок и увеличивает точность интерпретации.
 4. Интеграция технологий: Использование современных методов распознавания текста, речи и изображений обеспечивает адаптивность системы.

Проектирование базы данных системы

Проектирование базы данных для системы организации многомодального взаимодействия пользователей программных систем МЧС России было выполнено с использованием программного обеспечения CA ERWin Data Modeler [7].

В таблице 1 представлены основные сущности базы данных их характеристики.

В результате исследования предметной области были определены функциональные зависимости атрибутов сущностей, что позволило разработать полную атрибутивную модель базы данных, соответствующую требованиям системы оказания государственных услуг МЧС России.

Таблица 1.

Основные сущности базы данных их характеристики

Название сущности	Характеристика сущности
Заявитель	Содержит информацию о физических лицах, подавших заявление на оказание услуги.
Заявление	Хранит данные о заявке, включая её статус, дату подачи и связанного заявителя.
Услуга	Хранит перечень государственных услуг, которые предоставляет МЧС России.
Документ	Содержит информацию о документах, прикрепленных к заявлению.
Состав заявления	Детализация отдельных полей и данных, составляющих заявку.
Движение заявления	Хранит данные о процессах обработки заявки, включая этапы, даты начала и окончания, и связанные документы.
Организация	Содержит данные об организациях, связанных с заявкой или процессом её обработки.
Сотрудник	Информация о сотрудниках МЧС России, участвующих в обработке заявлений.
Орган управления	Данные об управленческих органах МЧС России, ответственных за оказание государственных услуг.

Модель была приведена к третьей нормальной форме (3НФ) для устранения избыточности данных и повышения целостности информации.

На рисунке 5 представлена визуализация атрибутивной модели, включающей основные сущности и их взаимосвязи. Структура базы данных обеспечивает строгую организацию данных, необходимую для эффективного функционирования процессов многомодального взаи-

модействия между заявителями, сотрудниками МЧС России и сторонними организациями.

Анализ функций автоматизации при использовании системы для участников предоставления государственных услуг МЧС России

В результате исследования процесса предоставления государственных услуг МЧС России с применением технологии многомодального взаимодействия были выделены основные задачи, требующие автоматизации [8].

Для сотрудников МЧС необходимо обеспечить автоматизацию следующих операций:

- ведение учета заявлений граждан и их регистрация;
- отслеживание и анализ использования информационных ресурсов;
- организация и координация взаимодействия подразделений;
- обработка данных и формирование аналитических отчетов о предоставленных услугах [9].

Для граждан, обращающихся за государственными услугами, автоматизация должна охватывать такие действия, как:

- подача заявлений и обращений в электронном виде;
- отслеживание этапов выполнения запросов;
- доступ к справочной информации и получению консультаций;
- хранение истории поданных заявлений.

Администраторам системы оказания услуг необходимо автоматизировать выполнение следующих функций:

- управление учетными записями пользователей;
- контроль процессов взаимодействия внутри системы;
- настройка уровней доступа к информации;
- оценка эффективности предоставления услуг;
- подготовка и оформление отчетной документации.

Применение технологии многомодального взаимодействия способствует повышению эффективности, прозрачности и оперативности предоставления государственных услуг, а также оптимизирует процессы взаимодействия между гражданами и сотрудниками МЧС.

Заключение

В рамках проведенного исследования была разработана модель процесса оказания государственных услуг МЧС России с использованием технологии многомодального взаимодействия. Основное внимание уделялось проектированию базы данных, обеспечиваю-

щей эффективное управление данными и их обработку в рамках предоставления государственных услуг.

Анализ предметной области позволил определить функциональные зависимости атрибутов сущностей, что стало основой для формирования атрибутивной модели базы данных. Разработка структуры базы данных в соответствии с требованиями третьей нормальной формы (ЗНФ) позволила минимизировать избыточность, исключить потенциальные аномалии обработки данных и обеспечить их целостность.

Созданная модель базы данных интегрирует ключевые сущности и процессы, необходимые для работы системы оказания услуг. Она поддерживает взаимодействие заявителей, сотрудников МЧС России и партнерских организаций, а также обеспечивает управление документами и отслеживание статусов заявлений. Такой подход способствует повышению прозрачности и эффективности предоставления государственных услуг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евтушенко В.И., Резниченко М.О. Механизм предоставления государственных и муниципальных услуг в электронном виде: концепция, принципы, направления развития // Вестник Белгородского юридического института МВД России имени И.Д. Путилина. 2018. № 4. С. 50–53.
2. Рындин А.В. Методика оценки эффективности передачи многомодальной информации // Системный анализ и прикладная синергетика. Таганрог, 2022. С. 15–20.
3. Егшин А.М., Улубиков И.А., Попов Д.В. Роль электронного портала госуслуг в предоставлении государственных и муниципальных услуг МЧС России // В сборнике: Угрозы возникновения чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах в условиях проведения специальной военной операции. Материалы межвузовского семинара. Санкт-Петербург, 2022. С. 56–60.
4. Бектимиров А.А. Исследование и автоматизация бизнес-процессов, связанных с оказанием государственных услуг в сфере пожарной безопасности // В сборнике: Лига исследователей МГПУ. Сборник материалов студенческой открытой конференции. В 2-х частях. Москва, 2024. С. 176–178.
5. Михеева Е.О., Ромашкова О.Н. Гибкие методы и алгоритмы управления инновационными проектами для предприятий информатизации // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2022. № 10. С. 63–70.
6. Павличева Е.Н., Ромашкова О.Н. Программно-информационное обеспечение поддержки принятия решений в многоуровневых образовательных системах // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 10. С. 99–103.
7. Павличева Е.Н., Ромашкова О.Н. Информационные процессы поддержки принятия решений в многоуровневых образовательных системах // Москва, 2022.
8. Рябовичева О.В., Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н., Чискидов С.В. Процесс обработки и передачи виртуальных данных в вычислительных комплексах и компьютерных сетях вуза // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 7–2. С. 85–92.
9. Ponomareva L.A., Chiskidov S.V., Romashkova O.N. Instrumental implementation of the educational process model to improve the rating of the universities // В сборнике: CEUR Workshop Proceedings. 9. Сер. «Selected Papers of the Proceedings of the 9th International Conference Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems, ITTMM 2019» 2019. С. 92–101.

© Бектимиров Алексей Александрович (bektimirovaa283@gmail.com); Ромашкова Оксана Николаевна (ox-rom@yandex.ru);

Чискидов Сергей Васильевич (chis69@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

УПРАВЛЕНИЕ АППАРАТНЫМИ РЕСУРСАМИ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

MANAGEMENT OF HARDWARE RESOURCES OF THE OPERATING SYSTEM BASED ON LOGICAL INTEGRATED CIRCUITS

**R. Valiev
I. Golovin
N. Ponomarev
A. Abdysheva**

Summary. This paper considers the problem of increasing the efficiency of high-performance computing systems due to the close integration of the operating system (OS) and logical integrated circuits (LIC). Modern approaches to the use of FPGA and ASIC as hardware accelerators are analyzed, examples of effective organization of interaction between the OS kernel and hardware modules are given. The authors propose a unified OS architecture capable of directly managing LIS resources, as well as a set of algorithms that optimize the distribution of computing resources under high loads and response time constraints. Based on theoretical comparisons, the advantage of the proposed solution over traditional systems, which are mainly focused on software resource management mechanisms, is shown.

Keywords: operating system, logic integrated circuits, FPGA, ASIC, hardware resources, high-performance computing, resource allocation, real-time control.

Валиев Руслан Ринатович

начальник отдела, Институт Нефтепереработки
и Нефтехимии, ФГБОУ ВО УГНТУ, г. Салават
ruli811@mail.ru

Головин Игорь Николаевич

Институт Нефтепереработки и Нефтехимии,
ФГБОУ ВО УГНТУ, г. Салават
golovin-igor-nikolaevich@mail.ru

Пономарёв Никита Александрович

Институт Нефтепереработки и Нефтехимии,
ФГБОУ ВО УГНТУ, г. Салават
nikita.ponomaryov2022@yandex.ru

Абдюшева Алёна Денисовна

Институт Нефтепереработки и Нефтехимии,
ФГБОУ ВО УГНТУ, г. Салават
alenaabduseva01@yandex.ru

Аннотация. В данной работе рассматривается проблема повышения эффективности высокопроизводительных вычислительных систем за счёт тесной интеграции операционной системы (ОС) и логических интегральных схем (ЛИС). Анализируются современные подходы к использованию FPGA и ASIC в качестве аппаратных ускорителей, приводятся примеры эффективной организации взаимодействия ядра ОС с аппаратными модулями. Авторами предложена унифицированная архитектура ОС, способная напрямую управлять ресурсами ЛИС, а также набор алгоритмов, позволяющих оптимизировать распределение вычислительных ресурсов в условиях высоких нагрузок и ограничений по времени отклика. На основе теоретических сравнений показывается преимущество предлагаемого решения перед традиционными системами, ориентирующимися, в основном, на программные механизмы управления ресурсами.

Ключевые слова: операционная система, логические интегральные схемы, FPGA, ASIC, аппаратные ресурсы, высокопроизводительные вычисления, распределение ресурсов, управление в реальном времени.

Современные тенденции в сфере высокопроизводительных вычислительных систем указывают на стремительный рост объёмов обрабатываемых данных и повышение требований к пропускной способности систем. Традиционно для ускорения вычислительных операций использовались либо более мощные универсальные центральные процессоры (CPU), либо специализированные микросхемы (GPU, DSP), однако в последнее десятилетие на первый план выходят логические интегральные схемы (ЛИС) — FPGA (Field-Programmable Gate Array) и ASIC (Application-Specific Integrated Circuit). Эти устройства обеспечивают эффективное выполнение широкого спектра задач при минимальных задержках и высоком уровне параллелизма [1–2].

Однако даже при наличии аппаратных ускорителей эффективность вычислений во многом определяется операционной системой, которая управляет распределением ресурсов, обрабатывает прерывания, обеспечивает механизм переключения контекстов и т. д. Во многих современных ОС взаимодействие с ЛИС носит частичный характер: специализированные драйверы, отдельные модули ввода-вывода (I/O) либо сопроцессоры шифрования. При этом прямое управление аппаратными ресурсами в рамках единой архитектуры остаётся менее распространённым. Между тем реализация «аппаратно-программных» алгоритмов на уровне ОС способна существенно повысить производительность и предсказуемость системы, а также снизить

накладные расходы при выполнении задач в реальном времени [3].

Целью исследования является разработка и обоснование подхода к унификации взаимодействия ОС с ЛИС для более гибкого и оперативного управления аппаратными ресурсами, что особенно актуально в сетевых технологиях, криптографии, обработке больших данных и других сферах высоконагруженных вычислений.

В соответствии с поставленной целью сформулированы следующие задачи исследования:

1. Провести обзор существующих подходов к интеграции FPGA/ASIC в операционные системы, выявить их сильные и слабые стороны;
2. Определить подходящую модель управления ресурсами с учётом особенностей аппаратной логики и потребностей высокопроизводительных систем;
3. Разработать набор алгоритмов, обеспечивающих оперативное распределение вычислительных ресурсов и взаимодействие задач с аппаратными блоками ЛИС;
4. Сравнить метрики производительности предложенного подхода с классическими системами, где управление ресурсами осуществляется преимущественно программно.

Новизна работы заключается в том, что предлагается архитектура ОС, в которой часть функций управления (планирование, распределение памяти, контроль I/O) переносится непосредственно в ЛИС, что позволит достичь следующих результатов:

- Минимизировать задержки при переключении контекстов;
- Обеспечить аппаратную поддержку реального времени в задачах с жёсткими требованиями к латентности;
- Сформировать унифицированный интерфейс для взаимодействия ядра ОС и ЛИС, облегчающий внедрение подобных решений в различные аппаратные платформы.

Обзор существующих подходов к интеграции ЛИС в операционные системы

Частичная интеграция через драйверы

Наиболее распространённый подход заключается в использовании FPGA или ASIC в качестве аппаратных ускорителей, которые взаимодействуют с ОС посредством драйверов и подсистемы ввода-вывода. Например, в серверных системах устанавливаются FPGA-карты, позволяющие обрабатывать сетевые пакеты или выполнять крипто-операции [4]. При этом базовые механизмы планирования процессов и управления памятью оста-

ются в зоне ответственности центрального процессора, а аппаратный модуль разгружает ЦП, беря на себя специфичные вычислительные функции, такие как шифрование, сжатие и т. п.

Достоинства такого подхода заключаются в простоте интеграции в существующие ОС: достаточно написать драйвер, отвечающий за передачу данных между ЦП и ЛИС. Также частичная интеграция через драйверы обеспечивает широкую поддержку стандартных шин (PCI Express и т. п.).

К недостаткам частичной интеграции относится отсутствие прямого контроля ОС над распределением ресурсов самого FPGA/ASIC: задачи планируются программно на CPU, а аппаратный модуль выступает лишь в роли сопроцессора. Дополнительные накладные расходы при передаче данных через драйверы и системные вызовы также затрудняют работу системы.

Гибридные решения на базе частичного переноса функций ОС

В ряде проектов, включая прототипы RTOS (Real-Time Operating Systems), часть функций ядра, например планировщик процессов в режиме реального времени переносится на FPGA, что сокращает задержки при переключениях контекста [5]. Ядро формирует список готовых к выполнению процессов, а сам механизм выбора следующей задачи и управление квантами времени осуществляется аппаратной логикой.

Преимуществом подхода является сокращение латентности: планировщик на ЛИС может работать параллельно с основным процессором, повышая детерминизм в системах реального времени. Также при таком подходе происходит разгрузка ядра ОС от рутинных операций при высокой загрузке.

У гибридных решений есть также недостаток в виде необходимости модификации ядра ОС и написания специализированного «микроядра», поддерживающего данный подход, а также в технологической сложности обновления микросхем (особенно ASIC) в случае изменения алгоритмов управления.

Комплексная интеграция System-on-Chip

Современные SoC-решения, например некоторые ARM-платформы объединяют универсальные ядра и аппаратные модули на одном кристалле. В таких системах может присутствовать выделенный блок, работающий в роли «аппаратного диспетчера», контролирующего распределение памяти или очереди ввода-вывода [6]. Однако подобные реализации пока не стали массовыми, и их архитектура часто скрыта производителями.

Выбор модели управления ресурсами и интерфейсов для взаимодействия ОС с ЛИС

Постановка требований к модели управления

Для эффективной работы в условиях высоконагруженных вычислений или систем реального времени модель управления ресурсами должна удовлетворять следующим требованиям:

- 1. Минимизация задержек при планировании задач и обработке запросов ввода-вывода.
- 2. Аппаратное обеспечение приоритетов, поддержка распределения вычислительных слотов с учётом критичности задач.
- 3. Гибкость конфигурации, возможность адаптации алгоритмов распределения без физической замены ЛИС, например использование FPGA с обновляемой прошивкой.

Принципы интеграции ядра ОС и ЛИС

- 1. Ядро ОС должно «видеть» ЛИС как набор абстрактных модулей управления ресурсами с унифицированным интерфейсом;
- 2. При истечении кванта, готовности данных от устройства или возникновении ошибки ЛИС генерирует сигнал прерывания, переводя управление в ядро для принятия глобальных решений;
- 3. Часть настроек, такие как алгоритмы приоритета, параметры квантов, таблицы доступа к памяти, может задаваться из ядра путём записи в специализированные регистры FPGA/ASIC;
- 4. Разделяемая память для быстрой передачи информации о задачах или блоках данных между ЛИС и ядром. Целесообразно использовать общую область памяти, в которой ЛИС ведёт собственные структуры (очереди, буферы).

Предлагаемая модель

Предлагается выделить в составе ОС аппаратно-программный слой APL (Hardware-Accelerated Abstraction Layer), обеспечивающий абстрагирование логики ЛИС. Этот слой тесно интегрирован с ядром через драйвер и механизмы IPC, но ключевые операции планировщика, проверки памяти и диспетчеризации запросов ввода-вывода выполняются на самой ЛИС. Архитектура может быть описана следующим образом (см. рис. 1).

Сравнение существующих подходов с разрабатываемой архитектурой

В таблице 1 описано сравнение существующих подходов к интеграции ЛИС в ОС и разработанной архитектурой по следующим метрикам: полный охват аппаратных ресурсов, унифицированный интерфейс для взаимодей-

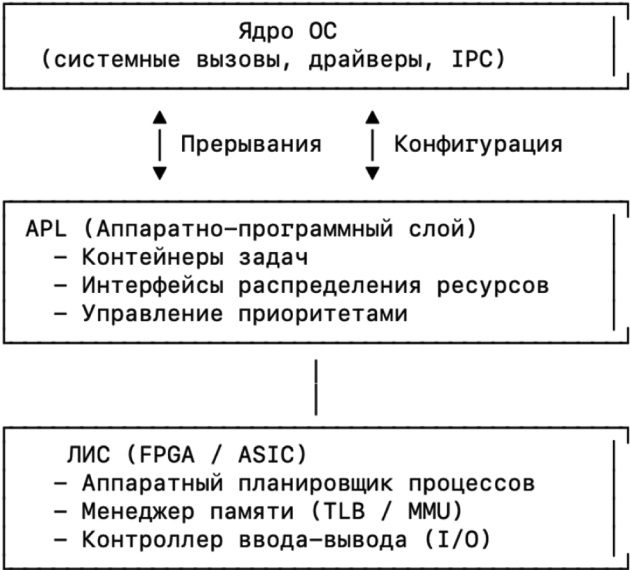


Рис. 1. Архитектура предлагаемой модели

ствия ОС и ЛИС, аппаратное планирование процессов, аппаратный менеджер памяти, комплексная диспетчеризация ввода-вывода, горячая замена ЛИС.

Таблица 1.

Сравнение подходов

Метрика	Частичная интеграция	Гибридная модель	Комплексный подход	Разрабатываемая архитектура
Полный охват аппаратных ресурсов	Нет	Нет	Частично	Да
Унифицированный интерфейс для взаимодействия ОС и ЛИС	Нет	Частично	Нет	Да
Аппаратное планирование процессов	Нет	Частично	Частично	Да
Аппаратный менеджер памяти	Нет	Нет	Частично	Да
Комплексная диспетчеризация ввода-вывода	Нет	Частично	Частично	Да
Горячая замена ЛИС	Да (но только для узких задач)	Да (в части прошитых блоков)	Нет (в случае SoC/ASIC обычно недоступно)	Да (при использовании FPGA)

Частичная интеграция: ЛИС используется как акселератор для отдельных узких операций, таких как шифро-

вание, кодирование, ML, поэтому возможности аппаратного контроля над ресурсами ОС ограничены.

Гибридная модель: часть функций ядра, например планирование процессов в RT-режиме переносится в ЛИС, однако нет охвата всех ресурсов.

Комплексный подход: характерен для SoC-решений, где в одном кристалле объединены CPU и аппаратные модули. Однако в большинстве случаев архитектура не предполагает полного унифицированного интерфейса; репрограммирование ASIC/SoC затруднено [7].

Разрабатываемая архитектура: обеспечивает единый аппаратно-программный фреймворк, где планировщик процессов, управление памятью и диспетчеризация ввода-вывода реализованы в ЛИС и согласованы с ядром ОС через унифицированные интерфейсы. При использовании FPGA также возможна «горячая» замена прошивки.

Из таблицы видно, что только в рамках разрабатываемой архитектуры (при условии корректного проектирования аппаратной части) присутствует полный набор функций — от аппаратного планирования процессов до комплексного контроля над памятью и I/O, а также унифицированный интерфейс, упрощающий взаимодействие с ядром ОС.

Описание алгоритмов для оперативного распределения ресурсов и задач на ЛИС

Алгоритм аппаратного планировщика процессов

- Объединённая очередь. ЛИС поддерживает очередь процессов или потоков с приоритетами, хранящуюся в памяти, к которой имеет доступ и ядро ОС, и сама ЛИС;
- Переключение контекста. При истечении кванта аппаратный таймер в ЛИС генерирует прерывание, а также может самостоятельно сохранить/загрузить часть состояний регистров. Ядро при этом лишь фиксирует контекст в PCB (Process Control Block) и обновляет глобальную информацию;
- Динамическая корректировка приоритетов. Если задача часто уходит в ожидание ввода-вывода, либо, напротив, использует все квантованные интервалы, ЛИС может корректировать её приоритет в соответствии с заданной политикой (Round Robin, Weighted Fair Queuing и т. д.).

Алгоритм управления памятью

- Аппаратная поддержка MMU (Memory Management Unit). ЛИС обеспечивает перевод виртуальных адресов в физические, проверку прав доступа (R/W/X) и защиту от несанкционированных обращений;

- Система кэширования (TLB). Аппаратно контролируемая кеш-таблица переводов, управляемая «на лету», что снижает количество прерываний ядра при TLB-miss;
- Мониторинг использования. ЛИС может фиксировать частоту обращений к страницам, помогая ядру ОС оптимизировать размещение (NUMA-aware распределение, упреждающая выгрузка).

Алгоритм диспетчеризации ввода-вывода

- Аппаратная очередь запросов I/O. ЛИС принимает заявки от ядра через разделяемую память или регистры команд, и сортирует их, например по дедлайнам или приоритетам;
- Асинхронная обработка. По завершении операции (сетевая передача, диск, шина) ЛИС формирует прерывание, сообщая о результате (успех/ошибка). Ядро обновляет структуры системных вызовов и возвращает управление пользователю;
- Параллельная работа. При наличии нескольких интерфейсов I/O ЛИС одновременно обрабатывает несколько очередей, минимизируя задержки и балансируя нагрузку.

Сравнение основных метрик производительности

Предполагается рассмотрение ключевых характеристик, таких как время отклика, пропускная способность, накладные расходы на абстрактном уровне, с использованием формул и сравнительных графиков. Это позволит оценить эффективность предлагаемой архитектуры относительно классического подхода.

В контексте аппаратно-программного управления ресурсами целесообразно выделить ряд теоретических метрик, которые позволяют охарактеризовать эффективность системы:

1. T_{plan} (время планирования) — совокупное время, затрачиваемое на решение, какой процесс или поток будет выполняться следующим.
2. T_{ctx} (время переключения контекста) — интервал, необходимый для сохранения состояния текущей задачи и загрузки состояния следующей.
3. T_{mem} (время управления памятью) — включает проверку адресов, обновление таблиц страниц, систему кэширования, выполнение защиты адресного пространства и т. д.
4. $T_{i/o}$ (время обработки операций ввода-вывода) — учитывает очередь операций, приоритетную диспетчеризацию, асинхронный обмен.
5. O_{CPU} (накладные расходы для центрального процессора: доля (в процентах или в единицах времени), которую CPU расходует на системные вызовы, обработку прерываний и служебные процедуры ОС вместо выполнения пользовательских задач.

Формальные определения и сравнительные оценки

Модель временных затрат

Предположим, что в традиционной системе каждая из метрик имеет базовое значение $T_x^{(CPU)}$. В архитектуре с ЛИС эти значения меняются за счёт параллельной и/или аппаратно ускоренной обработки (обозначим $T_x^{(LSI)}$).

Таким образом, выигрыш во времени для метрики x можно описать формулой относительного уменьшения:

$$G_x = \frac{T_x^{(CPU)} - T_x^{(LSI)}}{T_x^{(CPU)}} \cdot 100\%$$

где:

— $T_x^{(CPU)}$ — время (или накладные расходы) при программном управлении,

— $T_x^{(LSI)}$ — время (или накладные расходы) при аппаратно-программном подходе с ЛИС.

Модель пропускной способности

Пусть P_{CPU} — пропускная способность классической системы (количество обрабатываемых процессов или транзакций в единицу времени), а P_{LSI} — пропускная способность системы с ЛИС. При прочих равных условиях, если часть функций, таких как планировщик, диспет-

чер I/O выносятся в «железо», система способна обрабатывать больше процессов параллельно:

$$P_{LSI} = P_{CPU} \cdot (1 + \Delta_{acc})$$

где Δ_{acc} — коэффициент ускорения за счёт аппаратной логики.

Модель накладных расходов на ЦП

Рассмотрим время работы центрального процессора как сумму:

$$T_{CPU} = T_{work} + T_{over}$$

где:

— T_{work} — чистое время, затрачиваемое на выполнение пользовательских приложений,

— T_{over} — накладные расходы, связанные с планированием, обработкой прерываний, переключением контекста, управлением памятью и прочими системными функциями.

В архитектуре с ЛИС часть этих функций переходит в аппаратную логику, и доля T_{over} уменьшается:

$$T_{over}^{(LSI)} \approx \alpha \cdot T_{over}^{(CPU)}$$

где $0 < \alpha < 1$ — коэффициент снижения накладных расходов (чем меньше α , тем сильнее экономия CPU-времени).

Ниже приведены графики (рис. 2–4), иллюстрирующие изменение ключевых метрик для двух сравниваемых

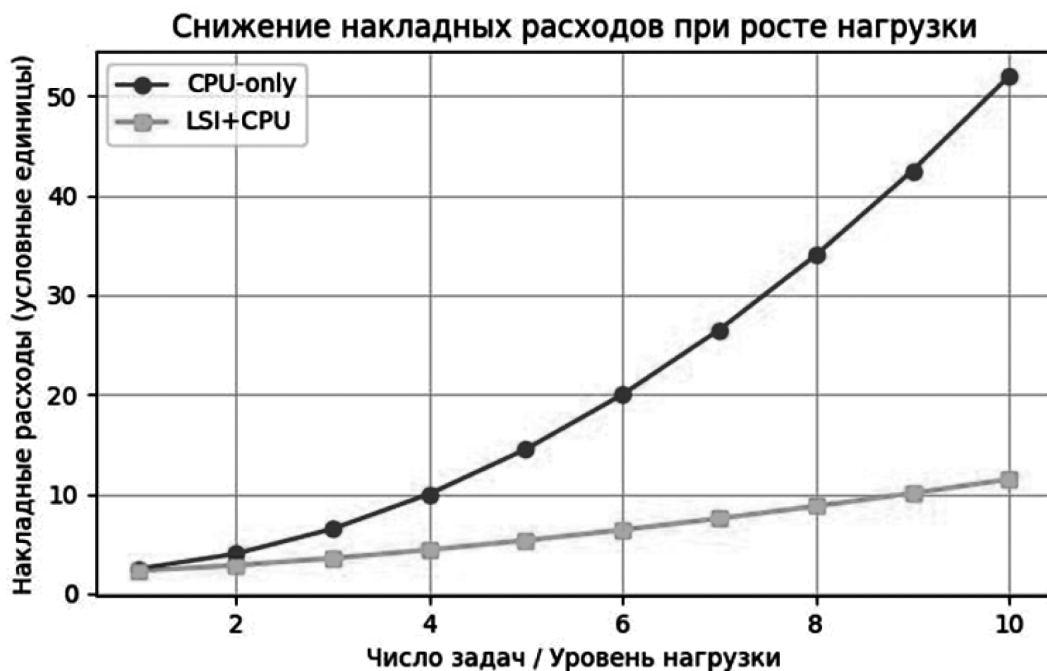


Рис. 2. График поведения накладных расходов

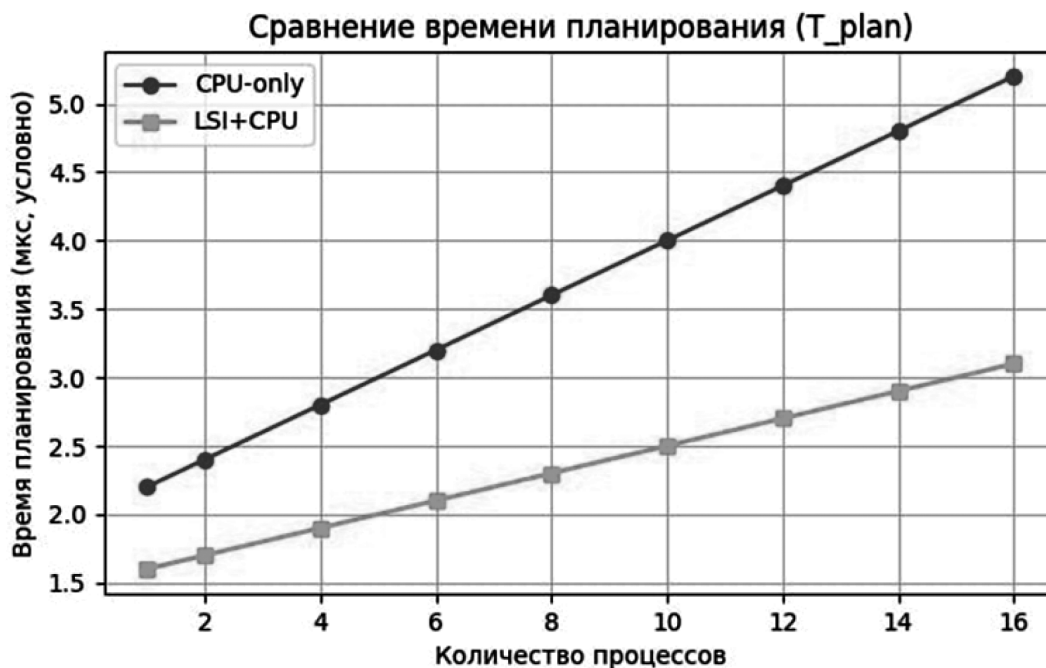


Рис. 3. График сравнения времени планирования

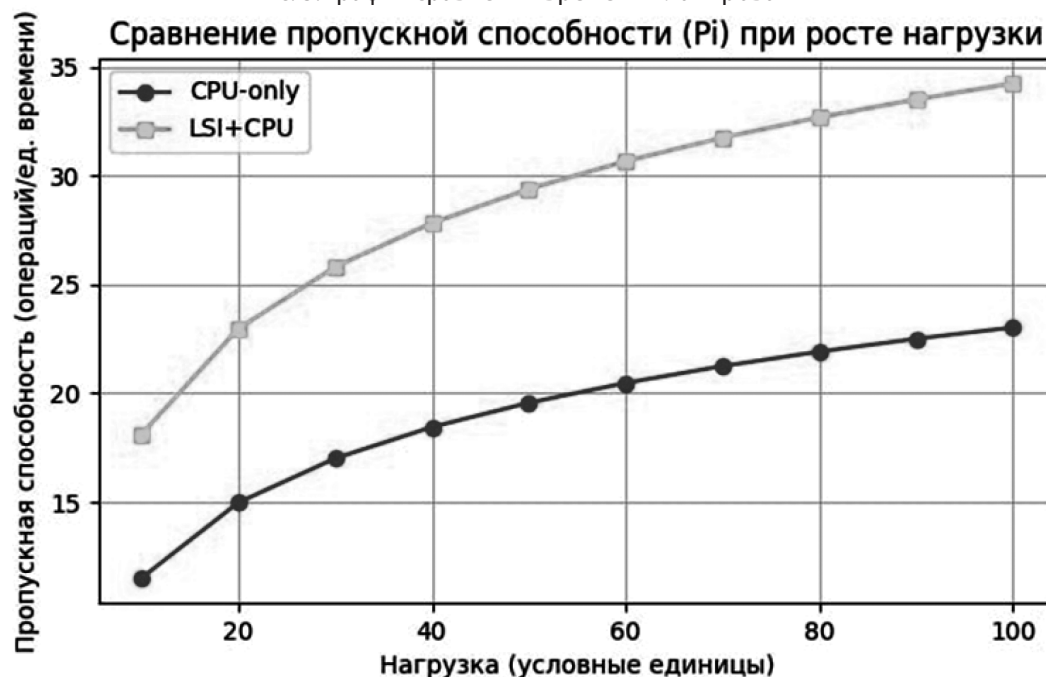


Рис. 4. График сравнения пропускной способности

мых подходов. Все приведённые зависимости условны и призваны продемонстрировать общее поведение систем, где часть функций управления ресурсами выносятся на ЛИС.

На данном условном графике видно, что при возрастании числа задач накладные расходы в традиционной системе растут быстрее, тогда как в системе с ЛИС они увеличиваются более плавно.

С ростом количества процессов или потоков планировщик на ЛИС способен обрабатывать контекстную

информацию параллельно, что даёт более заметный выигрыш по сравнению с программным планировщиком, увеличивающим свою задержку в зависимости от сложности очередей.

В системах реального времени или в высоконагруженных сценариях у «ЛИС + CPU» кривые пропускной способности оказываются выше из-за параллельных аппаратных очередей и снижения объёмов служебной работы на ЦП.

На теоретическом уровне видно, что предлагаемая архитектура при разумном проектировании логики даёт преимущества по критическим для ОС метрикам. Полученные графики иллюстрируют общий тренд: чем выше интенсивность нагрузки, тем более заметен выигрыш аппаратно-программного подхода.

Таким образом, проведённый теоретический анализ ключевых метрик свидетельствует о потенциальном преимуществе предлагаемой архитектуры, где часть системных функций переносится в аппаратную логику ЛИС.

Анализ полученных данных

Результаты показывают, что тесная интеграция ОС и ЛИС в управлении ресурсами оправдывает себя в высоконагруженных средах (сервера, криптографические комплексы, научные расчёты и т. д.). Сокращение задер-

жек, повышение пропускной способности, а также снижение нагрузки на CPU демонстрируют потенциал предлагаемой архитектуры.

Перспективы дальнейших исследований включают:

- Оптимизацию алгоритмов для ещё более эффективного управления ресурсами в реальном времени;
- Развитие отечественной элементной базы, включая выпуск FPGA и ASIC под отечественные процессорные архитектуры, например, «Байкал» или «Эльбрус».

Полученные в работе результаты могут быть применены для построения высоконагруженных серверных платформ, промышленных систем реального времени, а также критически важных инфраструктур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карчевский Е.М., Панкратова О.В. «Лекции по операционным системам (общий курс): учебное пособие». Казань: Казанский университет, 2011. 255 с.
2. Зверева О.М. «Операционные системы: учебное пособие». Екатеринбург: Издательство Уральского федерального университета, 2020. 120 с.
3. Таненбаум Э.С., Бос Х. «Современные операционные системы». 4-е издание. СПб.: Питер, 2015. 1120 с.
4. Силбершаз А., Галвин П.Б., Ганн Г. «Операционные системы: концепции и принципы». 9-е издание. М.: Вильямс, 2014. 1104 с.
5. Кузнецов С.Д. «Операционные системы: конспект лекций». М.: МГУ, 2019. 150 с.
6. Мартынянов А.А. «Безопасность операционных систем: учебное пособие». Тамбов: Издательство ТГТУ, 2007. 100 с.
7. Бринк-Джонсон У. «Программируемые логические интегральные схемы». М.: Техносфера, 2006. 320 с.

© Валиев Руслан Ринатович (ruli811@mail.ru); Головин Игорь Николаевич (golovin-igor-nikolaevich@mail.ru);
Пономарёв Никита Александрович (nikita.ponomaryov2022@yandex.ru); Абдюшева Алёна Денисовна (alenaabduseva01@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОБЗОР МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ НЕЙРОСЕТЕВОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ЗОН ИНТЕРЕСА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РАДИОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

RESEARCH OF MATHEMATICAL MODELS AND ALGORITHMS OF NEURAL NETWORK RECOGNITION AND COGNITIVE VISUALIZATION OF AREAS OF INTEREST BASED ON THE ANALYSIS OF MEDICAL RADIOLOGICAL INFORMATION

D. Veselov

Summary. The study demonstrates an overview of the methods of recognition and mathematical modeling of diseases. First, scientific research on the diagnostics of pathologies and areas of interest is considered based on deep learning methods and neural network technologies. At the second stage, the issues of radiological medical information, visualization of MRI images, and diagnostics of brain diseases using neural network technologies are investigated. The final part of the study is devoted to the research of methods of mathematical modeling and cerebral hemodynamics, as well as the combination of deep learning methods with the mathematical apparatus of computational hemodynamics. Based on the analysis of open sources, a conclusion is made on the current state of the presented problem area.

Keywords: cerebral hemodynamics, mathematical model, artificial neural network, deep learning, cognitive visualization, hydrodynamic model.

Веселов Дмитрий Иванович

Младший научный сотрудник,
Финансовый университет при Правительстве
Российской Федерации, г. Москва
diveselov@fa.ru

Аннотация. В настоящей статье представлен обзор методов распознавания и математического моделированию заболеваний. Сначала рассматриваются научные исследования, посвященные диагностике патологий и зон интереса на основе методов глубокого обучения и нейросетевых технологий. На втором этапе исследуются вопросы: радиологической медицинской информации, визуализации МРТ-изображений и диагностики заболеваний головного мозга при помощи нейросетевых технологий. Заключительная часть статьи посвящена изучению методов математического моделирования и церебральной гемодинамики, а также сочетанию методов глубокого обучения с математическим аппаратом вычислительной гемодинамики. На основе анализа открытых источников делается вывод о текущем состоянии представленной проблемной области.

Ключевые слова: церебральная гемодинамика, математическая модель, искусственная нейронная сеть, глубокое обучение, когнитивная визуализация, гидродинамическая модель.

Введение

Разработка математических моделей и алгоритмов на основе искусственных нейронных сетей (ИНС) является актуальной задачей. Многие исследовательские группы обращаются к современному математическому аппарату для решения различного рода медицинских задач. Глубокое обучение способно выявить сложные нелинейные взаимосвязи, а физико-математические модели достаточно точно описывают различные процессы, происходящие внутри организма. Существуют определенные сферы медицины, в которых применение физиологических опытов является опасным или невозможным. Сюда можно отнести исследование сосудистой системы головного мозга [1,2]. В связи с этим возникает острая потребность в разработке автоматизированных систем по обработке и анализу медицинской информации [3].

Настоящий обзор посвящен проблемам математического моделирования, нейросетевого распознавания и когнитивной визуализации зон интереса на основе анализа медицинской радиологической информации. В данной публикации проведена следующая работа:

1. Обобщен материал, касающийся эффективности использования методов глубокого обучения в задачах распознавания и когнитивной визуализации зон интереса;
2. Выполнен анализ актуальных гемодинамических математических моделей сосудистой системы головного мозга;
3. Выявлены потенциальные проблемы при работе с как с ИНС, так и с радиологической медицинской информацией.

Материалы и методы

Обзор публикаций и источников по теме математического моделирования и нейросетевого распознавания

зон интереса выполнялся на основе следующих критериев:

1. Использование радиологической информации для визуализации зон интереса и классификации патологий;
2. Применение ИНС для решения различного рода медицинских задач;
3. Применение математических моделей гемодинамики и ИНС на основе сверточных нейронных сетей (СНС);
4. Наличие данных о диагностической ценности применной модели;
5. Описание проблем, связанных с использованием радиологической информации и применением математических и нейросетевых моделей.

Поиск научных статей проведен в библиографических базах данных: PubMed, Scopus, arXiv, Cyberleninka и eLIBRARY.

Ключевые слова для поиска: «церебральная гемодинамика», «сверточные нейронные сети», «convolutional neural networks», «машинное обучение», «искусственный интеллект», «machine learning», «artificial intelligence», «когнитивная визуализация», «гидродинамическая модель», присутствующие в названии или аннотации, а также их синонимы.

Результаты

Большим успехом в медицине стало применение СНС для распознавания различных патологий и структурных изменений в организме человека. Например, ряд исследователей успешно применяют СНС для распознавания объема опухолей головного мозга по данным МРТ с целью подбора индивидуальной терапии [4].

В публикации [5] изложены основные концепции, и подходы, основанные на глубоком обучении применительно к анализу медицинских изображений. Дан анализ порядка 300 работ в этой области, охватывающих: сосудистые патологии сетчатки глаз, легочные заболевания, болезни сердечно-сосудистой системы и т. д.

Методы глубокого и машинного обучения для автоматического обнаружения легочных узелков с высоким уровнем чувствительности, специфичности и точности описаны в статье [6], авторы которой отмечают отсутствие оценок эффективности имеющихся алгоритмов.

Клеточные нейронные сети применяют для диагностики злокачественных новообразований молочных желез [7]. Авторы представленной модели используют две ИНС: одна необходима для определения порогов по уровню серого цвета, вторая направлена на предварительную обработку изображения.

В связи с распространением вируса SARS-Cov2, учеными из Бангладеша была разработана СНС для распознавания множественных заболеваний легочной системы [8]. Эксперименты показали точность 97 % при распознавании разных видов пневмоний.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что применение ИНС в задачах обработки медицинской информации, является перспективным.

Для визуализации мягких тканей применяется МРТ, что особенно полезно для исследования головного мозга, подходы к визуализации которого актуальны в связи с особенностями строения сосудистой системы [9]. При работе с медицинской радиологической информацией используют специальные программные решения по обработке и визуализации МРТ-изображений, такие как: «MicroDicom» [10], «xjView» [11], «BET» [12] и NiftySeg [13]. Однако, многие из рассмотренных программ имеют общий недостаток: ограниченный функционал [14].

Глубокое обучение хорошо показало себя в распознавании инсульта на основе радиологической медицинской информации. Исследователи смогли сегментировать головной мозг человека, локализовать зону интереса и спрогнозировать развитие инсульта у здоровых людей на основе собранных материалов [15].

А в работе [16] решалась задача автоматической сегментации мозга с помощью методов глубокого обучения. На первом этапе данного исследования проводилась «ручная» сегментация головного мозга, затем эту же задачу доверили ИНС. Показано, что нейросетевая модель хорошо справляется с сегментацией всех отделов головного мозга человека.

СНС показали эффективность в задаче локализации глиомы [17]. Подтверждено, что предварительная обработка данных и искусственная аугментация на статистически значимом уровне улучшают качество сегментации.

ИНС успешно применяют для исследования сосудистой системы головного мозга [18]. Разработчики создали трехмерную СНС, которая выводит координаты точек больших и малых бифуркаций сосудов.

Болезнь мелких сосудов (БМС) является основной сосудистой патологией, способствующей развитию различных когнитивных нарушений. В публикации [19] обобщен материал, посвященный визуализации данной болезни. В подавляющем количестве работ в качестве предобработки данных использовались: нормализация интенсивности изображения, увеличение набора данных путем искусственной аугментации, предварительная разметка изображения, — а в качестве основных нейросетевых моделей выступали алгоритмы на основе СНС.

В настоящее время исследователи сталкиваются с рядом проблем при исследовании радиологической информации. В мета-анализе [20] показано, что основными проблемами при изучении зон поражения инсультом являются: ограниченность имеющихся наборов данных, составление и разметка медицинской информации, а также переобучение ИНС и большие вычислительные затраты.

В связи с тем, что физиологические методы исследования кровообращения головного мозга являются опасными, необходимо провести теоретические исследования на основе математического моделирования церебральной гемодинамики [21]. Математические модели гемодинамики позволяют получать качественные и количественные показатели характеристики кровотока в норме и патологии, и на основании этого выявлять закономерности функционирования кровеносной системы.

Для математического моделирования процессов церебральной гемодинамики необходимо исследовать анатомию мозгового кровообращения, которая включает в себя большое число капилляр, бифуркаций сосудов и анастомоз. Материал, посвященный сосудистой топологии, изложен в [22–24].

Модель сосудистой системы головного мозга может быть представлена специальным графом [25]. Ребра графа соответствуют крупным, средним и однородным сосудам головного мозга. Вершины — это точки бифуркации сосудов.

Граф полезен для моделирования и исследования процессов церебральной гемодинамики. Так в исследовании [26] рассматривается графовая модель церебральной гемодинамики совместно с моделью гидродинамики. Исследователи в [27] дополнили граф с гидродинамической моделью условием непрерывности интеграла Бернулли, что привело к положительным изменениям.

В настоящее время процессы церебральной гемодинамики исследуют при помощи гидродинамических моделей (CFD) [28], которые основываются на ряде предположений и условий:

1. Уравнения движения Навье-Стокса:

$$\rho \frac{dv}{dt} = -\Delta p + \mu \Delta v;$$

2. Условие непрерывности $\frac{dp}{dt} + \nabla * (\rho * v) = 0$;

3. Уравнение неразрывности $v = 0$;

4. Условие равновесия $\varepsilon = \frac{1}{2}(\bar{v}\bar{u} + \bar{u}\bar{v})$;

5. Условие распределения давления жидкости $P_{R=r} = P^*$.

6. Кровь представляется в качестве ньютоновской жидкости.

В монографии, посвященной анализу математических процессов в сердечно сосудистой системе [29] проводится исследование модели артериальной гидродинамики, в котором показано, что на аорту приходится наибольшая доля измерений скорости профиля.

Исследовательская группа из МФТИ [30] представила математическую модель кардиореспираторной системы человека. Показано, что на статистически значимом уровне снижение внутригрудного давления приводит к снижению внутричерепного давления. Для решения поставленной задачи используется модель церебральной гемодинамики из исследования [31]. Сосудистая система была описана гидродинамической моделью Франка [32], в которой участок сосудистого русла состоит из упругих резервуаров, а между ними — резистивный элемент.

Чтобы описать ряд физиологических процессов, протекающих в организме человека, необходимо учитывать нелинейные эффекты. В качестве модели гемодинамики может выступать ИНС, которая способна улавливать сложные нелинейные взаимосвязи. Исследователи [33] использовали ИНС в качестве модели церебральной гемодинамики, которую применили для диагностики субарахноидального кровоизлияния.

Показано, что представленная нейросетевая модель:

1. Успешно используется для оценки гемодинамических показателей человеческого мозга;
2. Хорошо справляется с оценкой изменения площади поперечного сечения сосудов;
3. Прошла успешное клиническое внедрение.

В публикации [34] применили глубокое обучение к модели гемодинамики головного мозга для прогнозирования аневризмы до и после установки эндоваскулярного протеза (ЭП). Была использована модель CFD, однако ученые столкнулись с проблемой: ЭП-протез препятствует применению модели CFD, в связи с высокой вычислительной сложностью. Для решения проблемы применялась ИНС. Разработанная сеть смогла анализировать взаимосвязи между аневризмой и внутренней гемодинамикой. Предложенный новый метод может точно прогнозировать гемодинамику различных аневризм головного мозга до и после установки ЭП-протеза с низкими вычислительными затратами, причем время вычисления сокращено в 1800 раз.

Заключение

На основе проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

1. Существует ряд проблем при анализе медицинской радиологической информации: ограниченность наборов данных, трудоемкое создание новой информации, повреждения, возникающие на уровне отдельных вокселей, негативно влияющих на работу моделей;
2. При разработке и обучении моделей на основе ИНС часто приходится сталкиваться с высокими вычислительными затратами на обучение;
3. Известно ограниченное число моделей на основе ИНС, прошедших успешное клиническое внедрение;
4. В качестве математических моделей вычислительной гемодинамики чаще всего используется CFD-модель, главный недостаток которой заключается в высоких вычислительных затратах, которые усложняют клиническое внедрение;
5. Методы глубокого обучения хорошо сочетаются с математическим аппаратом вычислительной гемодинамики;
6. Математическая модель на основе гемодинамики должна удовлетворять ряду требований: адекватность, интерпретируемость, имитация физиологических процессов головного мозга.

ЛИТЕРАТУРА

1. Vlisides P., Mashour G.A. Perioperative stroke. *Can J. Anaesth.* 2016;63(2):193–204. doi:10.1007/s12630-015-0494-9.
2. Kamalakannan S., Gudlavalleti A.S.V., Gudlavalleti V.S.M. et al. Incidence & prevalence of stroke in India: A systematic review. *Indian J Med Res.* 2017;146(2):175–185. doi: 10.4103/ijmr.IJMR_516_15.
3. Dash S., Shakyawar S.K., Sharma, M. et al. Big data in healthcare: management, analysis and future prospects. *J. Big Data* 6, 54 (2019). <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0217-0>.
4. Shen D., Wu G., Suk H.I. Deep Learning in Medical Image Analysis. *Annu Rev Biomed Eng.* 2017; 19:221–248. doi:10.1146/annurev-bioeng-071516-044442.
5. Litjens G., Kooi T., Bejnordi B.E., et al. A survey on deep learning in medical image analysis. *Med Image Anal.* 2017; 42:60–88. doi: 10.1016/j.media.2017.07.005.
6. Pehrson L.M., Nielsen M.B., Ammitzbøl Lauridsen C. Automatic Pulmonary Nodule Detection Applying Deep Learning or Machine Learning Algorithms to the LIDC-IDRI Database: A Systematic Review. *Diagnostics (Basel)*. 2019;9(1):29. Published 2019 Mar 7. doi:10.3390/diagnostics9010029.
7. Ertaş G., Gülçür H.O., Osman O. et al. Breast MR segmentation and lesion detection with cellular neural networks and 3D template matching. *Comput Biol Med.* 2008;38(1):116–126. doi: 10.1016/j.compbiomed.2007.08.001.
8. Mahmud T., Rahman M.A., Fattah S.A. CovXNet: A multi-dilation convolutional neural network for automatic COVID-19 and other pneumonia detection from chest X-ray images with transferable multi-receptive feature optimization. *Comput Biol Med.* 2020; 122:103869. doi: 10.1016/j.compbiomed.2020.103869.
9. Nejadnik H., Castillo R., Daldrup-Link H.E. Magnetic resonance imaging and tracking of stem cells. *Methods Mol Biol.* 2013; 1052:167–176. doi:10.1007/7651_2013_16.
10. MicroDicom Электронный ресурс // MicroDicom — Free DICOM viewer and software: сайт. URL: <http://www.microdicom.com/> (дата обращения: 31.10.2022).
11. «xjView» xjView Электронный ресурс // xjView | A viewing program for SPM: сайт. URL: <http://www.alivelearn.net/xjview> (дата обращения: 31.10.2022).
12. BET — FslWiki Электронный ресурс // FSL — FslWiki: сайт. URL: <http://fsl.fmrib.ox.ac.uk/fsl/fslwiki/BET> (дата обращения: 31.10.2022).
13. Nifty Seg Электронный ресурс // Source Forge — Download, Develop and Publish Free Open-Source Software: сайт. URL: <https://sourceforge.net/projects/niftyseg/> (дата обращения: 31.10.2022).
14. Tang Y., Zhang C., Wang J., et al. MRI/SPECT/Fluorescent Tri-Modal Probe for Evaluating the Homing and Therapeutic Efficacy of Transplanted Mesenchymal Stem Cells in a Rat Ischemic Stroke Model. *Adv Funct Mater.* 2015;25(7):1024–1034. doi:10.1002/adfm.201402930.
15. Feng R., Badgeley M., Mocco J., Oermann E.K. Deep learning guided stroke management: a review of clinical applications. *J. Neurointerv Surg.* 2018;10(4):358–362. doi:10.1136/neurintsurg-2017-013355.
16. Brébisson Alexandre de and G. Montana. «Deep neural networks for anatomical brain segmentation». 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW) (2015): 20–28.
17. Pereira S., Pinto A., Alves V., Silva C.A. Brain Tumor Segmentation Using Convolutional Neural Networks in MRI Images. *IEEE Trans Med Imaging.* 2016;35(5):1240–1251. doi:10.1109/TMI.2016.2538465.
18. Li Y., Ren T., Li J. et al. VBNNet: An end-to-end 3D neural network for vessel bifurcation point detection in mesoscopic brain images. *Comput Methods Programs Biomed.* 2022; 214:106567. doi: 10.1016/j.cmpb.2021.106567.
19. Jiang J., Wang D., Song Y. et al. Computer-aided extraction of select MRI markers of cerebral small vessel disease: A systematic review. *Neuroimage.* 2022; 261:119528. doi: 10.1016/j.neuroimage.2022.119528.
20. Karthik R., Menaka R., Johnson A., Anand S. Neuroimaging, and deep learning for brain stroke detection — A review of recent advancements and prospects. *Comput Methods Programs Biomed.* 2020; 197:105728. doi: 10.1016/j.cmpb.2020.105728.
21. Шумаков В.И., Новосельцев В.Н., Сахаров М.П., Штенгольд Е.Ш. Моделирование физиологических систем организма. М.: Медицина, 1971.
22. Скобцов Ю.А. Моделирование и визуализация поведения потоков крови при патологических процессах / Скобцов Ю.А., Родин Ю.В., Оверко В.С. — Донецк: Издатель Заславский А.Ю., 2008. — 212 с — ISBN 978-966-96591-6 3. — Электронный ресурс. — URL: http://www.mif-ua.com/media/uploads/reading_book_full_texts/skobtsov.pdf Дата обращения: 03.11.22.
23. Шмидт Р., Тевс Г. Физиология человека, т.2. — М.: Мир, 1996. — 313 с.
24. Фолков В., Нил Э. Кровообращение. — М.: Медицина, 1981. — 600 с.
25. В.А. Лукшин, С.И. Мухин, Т.В. Соколова и др. Математическая модель гидродинамики церебрального кровообращения. Препринт. М.: МАКС Пресс, 2001. — 20 с.

26. М.В. Абакумов, И.В. Ашметков, Н.Б. Есикова и др. Методика математического моделирования сердечно-сосудистой системы. Математическое моделирование, 2000 г., т.12 No2 с.106–117.
27. В.Б. Кошелев, С.И. Мухин, Н.В. Соснин, А.П. Фаворский, А.Б. Хруленко. Математическое моделирование неспецифического аортоартериита. Препринт. М.: МАКС Пресс, 2001. — 52 с.
28. Гуревич М.И., Бернштейн С.А. Основы гемодинамики. — Киев: Наук. думка, 1979. — 232 с.
29. Педли Т. Гидродинамика крупных кровеносных сосудов: монография /Т. Педли; Пер. с англ. Н.Х. Шадринной. — М.: Мир, 1983. — 400 с.
30. Ю.С. Семенов, А.И. Дьяченко. Оценка влияния изменений внутригрудного давления на церебральную гемодинамику (математическая модель). УДК 612.213, 532.542.
31. Ursino M., Lodi C.A. A simple mathematical model of the interaction between intracranial pressure and cerebral hemodynamics. J Appl Physiol (1985). 1997;82(4):1256-1269. doi:10.1152/jappl.1997.82.4.1256.
32. Palladino Joseph & Ribeiro L & Noordergraaf A. (2000). Human circulatory system model based on Frank's mechanism. Studies in health technology and informatics. 71. 29–40. 10.3233/978-1-60750-915-8-29.
33. M. Sarabian, H. Babaei and K. Laksari, «Physics-Informed Neural Networks for Brain Hemodynamic Predictions Using Medical Imaging,» in IEEE Transactions on Medical Imaging, vol. 41, no. 9, pp. 2285–2303, Sept. 2022, doi: 10.1109/TMI.2022.3161653.
34. Li G., Song X., Wang H., et al. Prediction of Cerebral Aneurysm Hemodynamics with Porous-Medium Models of Flow-Diverting Stents via Deep Learning. Front Physiol. 2021; 12:733444. Published 2021 Sep 17. doi:10.3389/fphys.2021.733444.

© Веселов Дмитрий Иванович (diveselov@fa.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2025.03.14

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ РОЕВОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБРАБОТКЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ СПУТНИКОВ-КАРТОГРАФОВ

APPLICATION OF SWARM INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN SPACE INFORMATION PROCESSING MAPPING SATELLITES

R. Volotskova

Summary. In light of recent developments, there is a growing interest in artificial intelligence in the aerospace community. The penetration of AI into space technology is still at its initial stage, but the activity of this penetration is increasing every year. However, given the current level of technological development, several problems and limitations remain relevant. In this article, we will look at the application of artificial intelligence in space engineering and space technologies, as well as highlight issues and methods that are open to research. The tasks related to the influence of the state of the space group on the level of stability, as well as the role of AI in the development of space technologies, are formulated. A model of the Earth has been compiled, represented by a massive body with constant rotation and a model of satellite cartographers.

Keywords: swarm intelligence, AI, space technology, vector, graph, satellite.

Волоцкова Резеда Радиковна

старший преподаватель, Российский
биотехнологический университет
fmfizika13@yandex.ru

Аннотация. В свете последних событий наблюдается растущий интерес к искусственному интеллекту в аэрокосмическом сообществе. Проникновение ИИ в космическую технику находится пока на своей начальной стадии, однако активность этого проникновения с каждым годом возрастает. Однако, с учетом текущего уровня технологического развития, ряд проблем и ограничений всё ещё остаётся актуальным. В данной статье мы рассмотрим применение искусственного интеллекта в космической инженерии и космических технологиях, а также выделим открытые для исследования вопросы и методы. Сформулированы задачи, связанные с влиянием состояния космической группировки на уровень стабильности, а также с ролью ИИ в развитии космических технологий. Составлена модель Земли, представленную массивным телом с постоянным вращением и модель спутников-картографов.

Ключевые слова: роевой интеллект, ИИ, космическая технология, вектор, граф, спутник.

Спутники используются для сбора спутниковых изображений, которые применяются в картографии. Спутники связи используются как для телекоммуникаций и доступа в Интернет, так и для навигационных служб, таких как GPS и ГЛОНАСС. Другие области применения — изучение погоды, научные наблюдения и разведка.

Областью, где роевой интеллект доказывает свою эффективность, является управление движением множества спутников. В таких системах, когда требуется скоординированное движение большого количества объектов, каждый спутник-картограф принимает решения о своем движении, учитывая действия других спутников на различных уровнях иерархии.

Обмен информацией между спутниками-картографами полезен, но не обязателен для формирования геометрического и кинематического представления об окружающей среде в данный момент времени. Это представление влияет на выбор дальнейших действий каждого спутника [2]. Несмотря на развитие автомати-

зированных методов обработки данных, получаемых со спутников, во многих приложениях всё ещё необходима экспертиза человека для принятия решений с применением искусственного интеллекта и машинного обучения.

В области машинного обучения можно выделить два основных типа: обучение с учителем и обучение без учителя [3].

Обучение с учителем предполагает использование обучающих данных, снабженных соответствующими метками. В этой области нейронные сети и машины опорных векторов (SVM) показали наибольшую эффективность в обработке спутниковых данных.

Обучение без учителя фокусируется на выявлении закономерностей (признаков) непосредственно в самих данных. Для анализа пространственных отношений используются методы нечеткой кластеризации и многокритериальной оптимизации [4].

Интеграция информации из различных спутников-картографов реализуется с помощью графовых раз-

резов (исследование теоретико-порядковых свойств минимальных разрезов позволило выявить структуру дистрибутивной решетки) [7], проекционных методов, иерархической кластеризации, скрытых марковских моделей, случайных полей и марковских случайных полей (MRF) для контекстной регуляризации, самоорганизующихся карт (SOM) и гибридных генетических алгоритмов [5]. По мере увеличения числа процессоров отказ сети неизбежен. Неисправные вершины графа должны быть идентифицированы до их ремонта или замены. Выявление неисправных процессоров в сетях называют диагностикой системного уровня. Если все ошибочные вершины могут быть идентифицированы, а общее количество ошибочных вершин не более t тогда система называется t -диагностируемой. Если диагностируемость сети достигает минимальной степени вершины, то мы говорим, что сеть обладает максимальной диагностируемостью [8].

Методы сегментации, повторного извлечения информации с использованием нейронных сетей и генетического алгоритма, также нашли применение в обработке изображений с множеством компонент. Все перечисленные методы успешно применяются для анализа пространственных данных, то есть классификации на основе пикселей. Однако существуют задачи, требующие учета расположения пикселей во времени, что приводит к необходимости пространственно-временного анализа.

Обнаружение объектов — сложная задача на спутниковых снимках по следующим причинам: в пределах сотен мегапикселей на спутниковом снимке крошечная часть (приблизительно от 10–20 до нескольких сотен пикселей); отсутствие данных об обучении; оптимизация алгоритма обнаружения небольших объектов; адаптация алгоритма для работы с различными масштабами и объектами. На рисунке 1 показано сегментированное спутниковое изображение для идентификации нескольких объектов на спутниковом снимке. Для разных объектов используются разные цвета обозначено условными обозначениями.

Для решения таких задач разработаны стратегии динамической кластеризации, позволяющие проводить пространственно-временные исследования. Определе-

ние изменений — это одно из направлений применения пространственно-временных данных, позволяющее выявить тенденции, наблюдаемые в определённом месте в течение заданного периода. Для анализа изменений на изображениях с различным уровнем детализации была использована модель машинного обучения, основанная на алгоритме дерева решений.

Вычитание преобразованного изображения, поворот, анализ вектора изменения или перекрёстное корреляционный анализ также используется в качестве метода обнаружения изменений. За последние несколько десятилетий также широко используются нейронные сети и методы ядра. Составные ядра были специально разработаны для комбинации мультисенсорной и мультисервисной информации.

Работа с гиперспектральными космическими изображениями сопряжена с трудностями, обусловленными их высокой размерностью и нелинейной природой. Это приводит к увеличению времени вычислений и ухудшению качества модели из-за наличия коллинеарности. Спектральные полосы представляют собой характеристики исследуемых объектов, которые используются в моделировании. Для выбора объектов на спутниковых снимках предлагались классические методы, основанные на дискриминационных критериях. Более современные подходы используют машинное обучение, например, генетические алгоритмы или рекурсивное исключение признаков на основе SVM или ArcGIS Living Atlas. Предварительно подготовленные модели в ArcGIS Living Atlas разработаны для более широкого применения, чем модель, которую вы бы подготовили самостоятельно, но вы можете обнаружить, что ни одна из моделей в ArcGIS Living Atlas напрямую не соответствует вашему AOI [10].

Предположим, в начале исследования вы рассматриваете возможность использования этого геоцентрического спутника LEO для сбора данных с изображений. Для этого вам нужно знать, где он находится в данный момент, на какой высоте и с какой скоростью движется. Если вам нужны изображения городов, вам нужно знать, над какими городами он находится в данный момент.

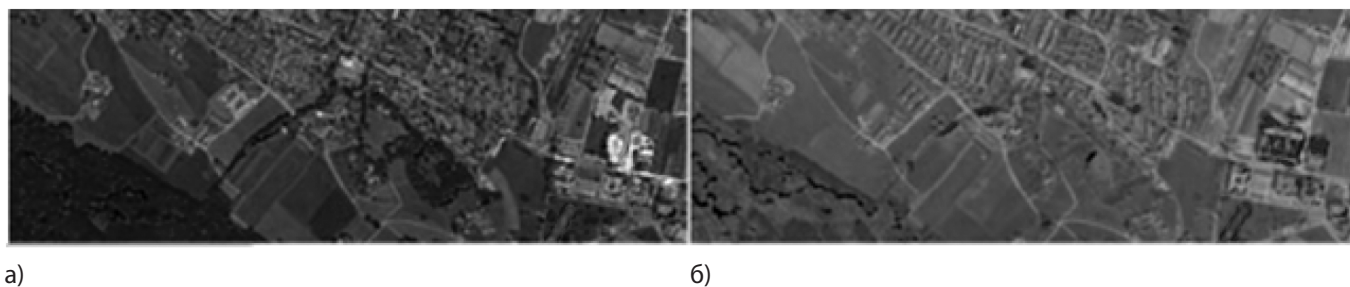


Рис. 1. Демонстрация алгоритма анализа временных рядов и обнаружения изменений (здания и дороги подсвечиваются: а) светло-серым; б) темно-серым [9]

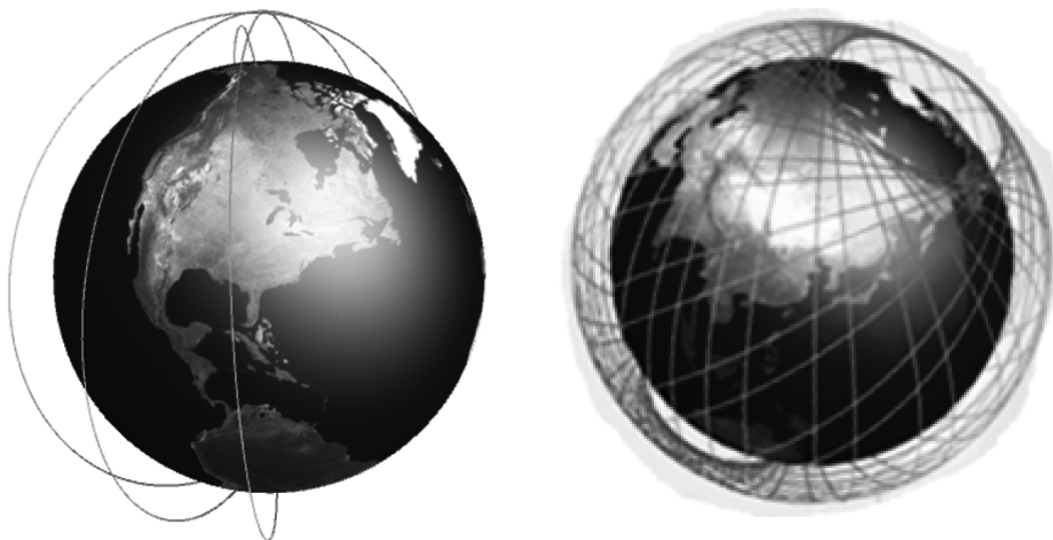


Рис. 2. Модель Земли и траектория спутника-картографа и роевых спутников

Модель SystemModeler в сочетании с данными и вычислительными ресурсами в Mathematica может ответить на все эти вопросы. Моделирование подобной системы в SystemModeler осуществляется с помощью интуитивно понятного интерфейса перетаскивания. Для создания модели необходимо сформировать три подсистемы: модель Земли, представленную массивным телом с постоянным вращением; модель спутников-картографов, реализованную как масса с приложенными движущими силами; и систему управления, построенную на основе двух пропорционально-дифференциальных регуляторов. Модель, созданная в WolframSystemModeler, представляет собой геоцентрический спутник на наклонной круговой низкой околоземной орбите (2000 километров).

Результаты моделирования, как правило, требуют дополнительной обработки и анализа для обеспечения их

интерпретации. Он не позволяет ответить на вопросы о географическом положении спутника-картографа, его скорости или близости к крупным населённым пунктам. Хотя можно определить высоту спутника, это потребует дополнительных расчётов

Современные методы роевого интеллекта открывают новые возможности для эффективного анализа и интерпретации спутниковых данных. Глубокое обучение, машинное обучение и гибридные подходы позволяют решать сложные задачи, связанные с обработкой больших объёмов информации, и принимать обоснованные решения на основе этой информации. Продолжающееся развитие технологий ИИ обещает еще больше инноваций в этой области, делая спутниковые данные мощным инструментом для управления и исследования нашей планеты

ЛИТЕРАТУРА

1. Radhika K., Varadarajan S. (2018) A neural network based classification of satellite images for 473 change detection applications. *Cogent Engineering* 5(1):1–9 474
2. Bilgin G., Erturk S., Yildirim T. (2008) Unsupervised classification of hyperspectral-image data 475 using fuzzy approaches that spatially exploit membership relations. *IEEE Geosci Rem Sens Lett* 5(4):673–677 477
3. Cannon R.L., Dave J.V., Bezdek J.C., Trivedi M.M. (1986) Segmentation of a thematic mapper 478 image using the fuzzy c-means clustering algorithm. *IEEE Trans Geosc Rem Sens GE*— 479 24(3):400–408 480
4. Bandyopadhyay S., Maulik U., Mukhopadhyay A. (2007) Multiobjective genetic clustering for 481-pixel classification in remote sensing imagery. *IEEE Trans Geosc Rem Sens* 45(5):1506–1511 482
5. Tyagi M., Bovolo F., Mehra A.K., Chaudhuri S., Bruzzone L. (2008) A context-sensitive clustering 483 technique based on graph-cut initialization and expectation-maximization algorithm. *IEEE 484 Geosc Rem Sens Lett* 5(1):21–25 485
6. Bachmann C.M., Donato T.F., Lamela G.M., Rhea W.J., Bettenhausen M.H., Fusina R.A., Du Bois 486 K.R., Porter J.H., Truitt B.R. (Oct 2002) Automatic classification of land cover on smith island, 487 va, using hmap imagery. *IEEE Trans Geosc Rem Sens* 40(10):2313–2330
7. Гришкевич А.А., Пiatek Л., Бурмутаев А. Нахождение одно-, двухи трехэлементных разрезов графа // Вестник ЮУрГУ. Серия: Математическое моделирование и программирование. 2008. №15 (115). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nahozhdenie-odno-dvuh-trehelementnyh-razrezov-grafa> (дата обращения: 14.02.2025).
8. Волоцкова Р.Р. Диагностируемость и связность надежности сети / Р.Р. Волоцкова, В.М. Миньков, И.Ф. Валеев // Наука. Технология. Производство — 2023: Материалы Всероссийской научно-технической конференции, посвященной 75-летию ООО «Газпром нефтехим Салават», Салават, 24–28 апреля 2023 года. Том Часть 1. — Салават: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2023. — С. 21–22. — EDN LMDCPZ.
9. <https://www.techemergence.com/ai-applications-for-satellite-images>.
10. ArcGIS Living Atlas

© Волоцкова Резеда Радиковна (fmfizika13@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАКУПОК: ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ ЗНАНИЯМИ

PROCUREMENT AUTOMATION: INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN KNOWLEDGE MANAGEMENT

**A. Gorbunov
M. Kuznetsova**

Summary. This article examines an urgent problem related to the development and use of an automatic knowledge base in the field of modern procurement. First of all, the importance of creating such a knowledge base and its application in the context of procurement processes is considered. The scope of the knowledge base is highlighted, including both customers and suppliers, which is a key aspect for ensuring the efficiency and transparency of procurement processes. Special attention is paid to the study of the basic legislation governing procurement processes, including Federal Laws No. 44-FZ and 223-FZ, as well as other legal acts essential for this area. This is important to understand the context in which the automatic knowledge base will be used, as well as to ensure that it meets all legal requirements. In addition, the article provides a detailed overview of the use of Large Language Model (LLM) technology with information vectorization based on semantic analysis. This technique allows you to analyze and vectorize information to create a knowledge base, which ensures effective search and processing of data in the context of procurement.

Keywords: automatic knowledge base, procurement, legislation, Federal Laws No. 44-FZ and 223-FZ, document management, machine learning, natural language processing, Large Language Model (LLM), information vectorization, semantic analysis, knowledge management, embedding vectors, semantic distance, cosine distance, information systematization.

Горбунов Александр Николаевич

Аспирант, Аккредитованное образовательное
частное учреждение высшего образования «Московский
финансово-юридический университет МФЮА»;
старший разработчик, ООО «Клик Групп»
a.gorbunov@click-group.ru

Кузнецова Марина Николаевна

доктор экономических наук, профессор, «Московский
финансово-юридический университет МФЮА»
marina_kuzn82@mail.ru

Аннотация. В данной статье исследуется актуальная проблема, связанная с разработкой и использованием автоматической базы знаний в сфере современных закупок. В первую очередь, рассматривается важность создания такой базы знаний и ее применение в контексте процессов закупок. Освещается область применения базы знаний, включая как заказчиков, так и поставщиков, что является ключевым аспектом для обеспечения эффективности и прозрачности процессов закупок. Особое внимание уделяется изучению основного законодательства, регулирующего процессы закупок, включая Федеральные законы №44-ФЗ и 223-ФЗ, а также другие правовые акты, существенные для данной сферы. Это важно для понимания контекста, в котором будет использоваться автоматическая база знаний, а также для обеспечения ее соответствия всем требованиям законодательства. Кроме того, в статье представлен подробный обзор использования технологии Large Language Model (LLM) с векторизацией информации на основе семантического анализа. Эта методика позволяет анализировать и векторизовать информацию для создания базы знаний, что обеспечивает эффективный поиск и обработку данных в контексте закупок.

Ключевые слова: автоматическая база знаний, закупки, законодательство, Федеральные законы №44-ФЗ и 223-ФЗ, документооборот, машинное обучение, обработка естественного языка, Large Language Model (LLM), векторизация информации, семантический анализ, управление знаниями, эмбединг векторов, семантическое расстояние, косинусное расстояние, систематизация информации.

В современном мире документооборот в организациях является неотъемлемой частью ее функционирования, представляя собой непрерывный поток документов [1], проходящих определенные маршруты. Особенно важным аспектом является соответствие этого потока требованиям законодательства, таким как Федеральные законы № 44-ФЗ и № 223-ФЗ, а также другим правовым актам. Однако, в условиях постоянных изменений и обновлений законодательства, а также большого объема информации, актуализация знаний в этой области может замедляться или быть неполной. Возникает причинно-следственные проблемы: противоречивость ряда статей законодательства, расхожесть правоприме-

нительной практики [2]. В связи с этим возникает необходимость в использовании автоматической базы знаний закупок, которая не только упростит процесс обработки документов, но и обеспечит надежное соблюдение всех требований законодательства. В данной статье мы обсудим ключевые аспекты автоматической базы знаний закупок и ее важность для современных организаций.

В настоящее время регламентация представления знаний в сфере закупок в России осуществляется через законодательные акты, нормативные документы и методические рекомендации, а также внутренние документы организации и документацию о закупочных процедурах. Эти документы обладают ссылочной структурой, обе-

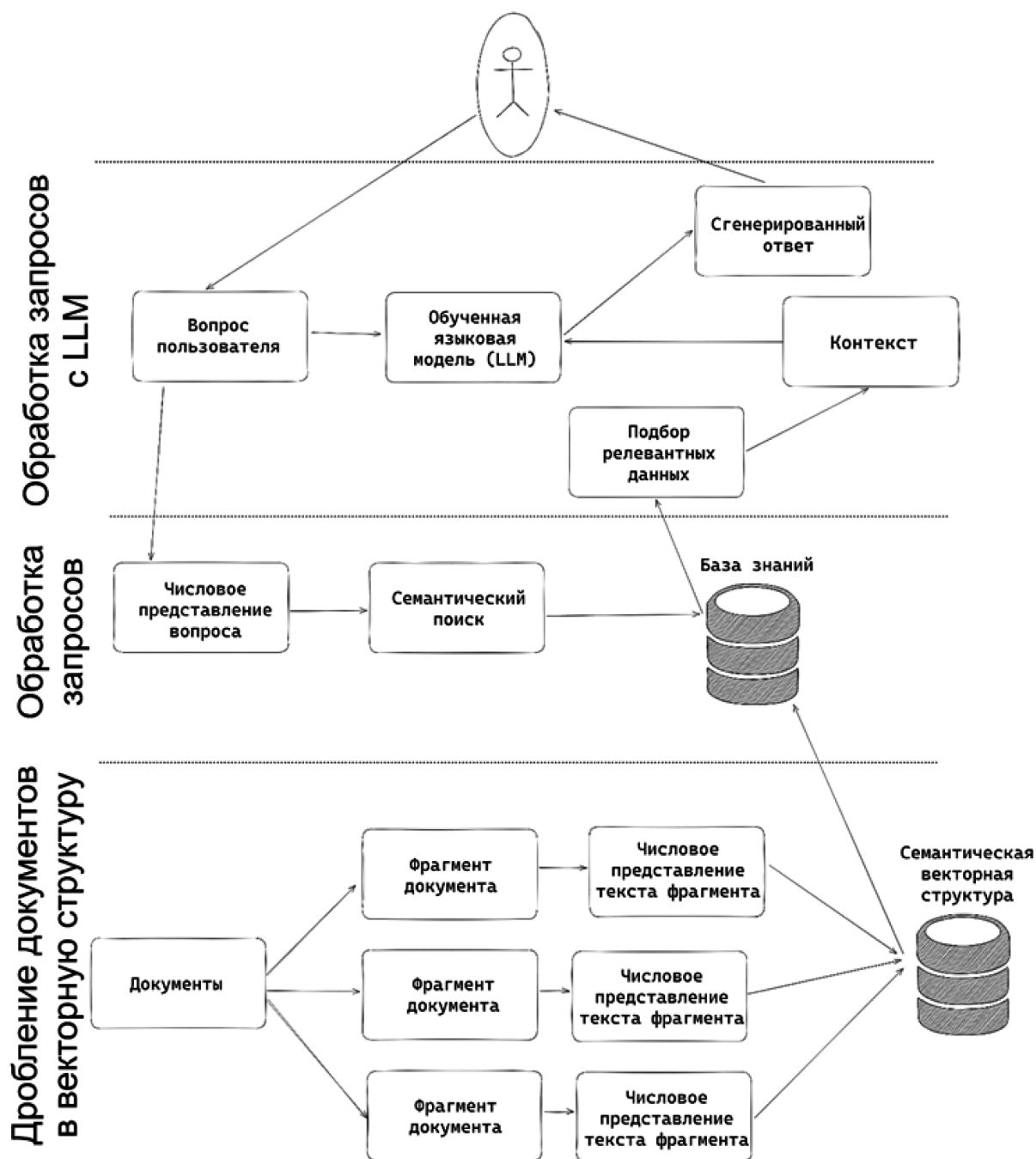


Рис. 1. Графическое представление базы знаний по закупкам

спечивая пользователям доступ к необходимой информации при необходимости. Однако, из-за множества потоков этой информации, создание и поддержание целостной базы знаний с таким подходом может оказаться непрактичным. Разнообразие и динамичность законодательства, а также специфика требований организаций, делают сложным обеспечение актуальности и полноты информации в такой базе данных. Вместо этого, эффективное управление знаниями требует систематизации и организации информации в соответствии с потребностями и стратегией конкретной организации.

Для реализации автоматической базы знаний в области закупок был выбран подход, основанный на комбинации методов машинного обучения и обработки естественного языка (Рисунок 1). В частности, использовалась технология LLM, которая позволяет анализировать и векторизировать информацию на основе семантического анализа.

Все документы законов, нормативных актов, а также внутренних правил и положений организации представлены в виде векторизированной базы, разделенной

на фрагменты, и приведены к числовому представлению. Это позволяет создать векторную структуру, которая формирует базу знаний, где каждый фрагмент соответствует определенному правилу, норме или процедуре. Поступающий запрос на получение информации преобразуется в числовое представление с использованием LLM для возможности поиска по базе знаний. Этот процесс включает в себя анализ векторных представлений запроса и их сопоставление с векторными представлениями фрагментов базы знаний.

Запросы обрабатываются через LLM для поиска по базе знаний. Для вычисления семантического расстояния между запросом и фрагментом базы знаний используется формула[3]:

$$\text{SemDist}(e_{ref}, e_{hyp}) = 1 - \frac{(e_{ref})^T \cdot e_{hyp}}{\|e_{ref}\| \cdot \|e_{hyp}\|},$$

где e_{ref} — эмбединг векторного представления эталонного текста e_{hyp} — эмбединг векторного представления гипотетического текста, $\|e_{ref}\|$ и $\|e_{hyp}\|$ — обозначают их нормы.

Косинусоидальное расстояние учитывает только угол между двумя вставками в предложении, а не их величины. Значение SemDist ограничено значением от 0 до 1, где более низкие значения указывают на более высокое семантическое сходство, и наоборот.

На основе введенных коэффициентов отбора ответов из базы мы получаем контекст, который уже обработанный через языковую модель, выдает ответ пользователю. Релевантность используемых источников определяется по следующей формуле:

$$\text{relevance}(q, d) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot \text{feature}_i(q, d)$$

где w_i — весовые коэффициенты, а $\text{feature}_i(q, d)$ — характеристика i -го признака между запросом q и фрагментом d , которая оценивает косинусное сходство. Чем выше это полученное значение, тем более релевантен фрагмент. Весовыми коэффициентами в данном подходе возможны признаки:

- Тематическое соответствие: оценка, насколько содержание документа соответствует тематике запроса пользователя, например, законодательство о закупках.
- Актуальность: оценка, насколько документ актуален на момент запроса, учитывая последние изменения в законодательстве.
- Полнота информации: оценка, насколько документ содержит всю необходимую информацию по запросу пользователя.
- Принадлежность: признак, который указывает, написан ли документ со стороны поставщика или заказчика.

Этот признак может принимать два значения: «поставщик» или «заказчик».

Для наглядности сравнение двух документов может быть представлено следующим образом: Федеральный закон №44-ФЗ имеет высокое тематическое соответствие и актуальность, имеет большую упоминаемость действий со стороны заказчика и среднюю полноту информации, Постановление Правительства РФ, в свою очередь, имеет высокое тематическое соответствие и полноту информации, среднюю актуальность и больше упоминает действия со стороны заказчика относительно поискового запроса пользователя. Тогда релевантность может быть оценена по следующей формуле:

$$\text{relevance}(q, d) = w_1 \cdot \text{feature}_1(q, d) + w_2 \cdot \text{feature}_2(q, d) + w_3 \cdot \text{feature}_3(q, d) + w_4 \cdot \text{feature}_4(q, d)$$

Для того, чтобы отразить приоритеты пользователя, предположим, что веса $w_1 = 0.5$, $w_2 = 0.3$, $w_3 = 0.2$ и $w_4 = 0.4$. Теперь оценка релевантности каждого документа с учетом этих признаков равна:

$$\begin{aligned} \text{relevance}(q, \text{«Федеральный закон №44 - ФЗ»}) \\ = 0.5 \cdot 1 + 0.3 \cdot 1 + 0.2 \cdot 0.5 + 0.4 \cdot 0 = 0.7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{relevance}(q, \text{«Постановление Правительства РФ»}) \\ = 0.5 \cdot 1 + 0.3 \cdot 0.5 + 0.2 \cdot 1 + 0.4 \cdot 0 = 0.8 \end{aligned}$$

Таким образом, документ Постановления Правительства РФ будет оценен как более релевантный для запроса пользователя, так как он соответствует всем критериям запроса, поэтому его содержание попадет в контекст с более высоким приоритетом для выдачи ответа пользователю.

Описанный подход имеет свои преимущества, включая возможность учета различных признаков для оценки релевантности документов. Однако у него есть несколько минусов. Один из основных недостатков состоит в неоднозначности весовых коэффициентов. Определение оптимальных весов для каждого признака может быть сложной задачей, требующей экспертного опыта или многочисленных экспериментов[4]. Кроме того, оценка релевантности документов может быть субъективной и зависеть от предпочтений или предвзятости пользователя. Это может привести к разным оценкам релевантности.

Вывод

Использование LLM с векторизацией информации на основе семантического анализа открывает новые перспективы в области информационного обеспечения закупочных процессов. Это позволяет создавать интеллектуальные системы, способные эффективно анализировать и обрабатывать огромные объемы данных, что в свою очередь повышает производительность и качество принимаемых решений в сфере закупок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моряков Д.А. Моделирование и автоматизация процессов закупочной деятельности организации. Вестник науки. 2019; № 6; 395 с.
2. Бирюкова Е. А. Система госзакупок в Российской Федерации: проблемы, нарушения, изменения в законодательстве. Научные записки молодых исследователей. 2022;10(1):44 с.
3. Kim S., Arora A., Le D., Yeh C.-F., Fuegen C., Kalinli O., Seltzer M.L. Semantic Distance: A New Metric for ASR Performance Analysis Towards Spoken Language. Posts and Telecommunications Institute of Technology. 2021,2 p.
4. В.С. Тарасян. Математическое моделирование в логистике: учебно-методическое пособие. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский Государственный Университет Путей Сообщения». 2013, 4 с.

© Горбунов Александр Николаевич (a.gorbunov@click-group.ru); Кузнецова Марина Николаевна (marina_kuzn82@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ LOW-CODE ПЛАТФОРМЫ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ПОДГОТОВКИ

PECULIARITIES OF LOW-CODE PLATFORM APPLICATION IN THE TECHNOLOGY OF INFORMATION SYSTEM DESIGN BY USERS WITH DIFFERENT LEVEL OF TRAINING

**B. Goryachkin
O. Parsheva
A. Kanaev**

Summary. Problem statement. Traditional information systems development requires in-depth knowledge of programming, databases, and application architecture, which limits the accessibility of the process to non-professionals and creates a barrier for many organisations. Low-code platforms offer design with minimal coding, but the question remains as to how effective it will be for different users to build information systems on their own and what factors may influence this.

Goal. To analyze the peculiarities of low-code platform application in the technology of information system design by users with different level of training and to offer recommendations for optimization of system development process.

Results. The peculiarities of use and architecture of the domestic low-code platform, advantages, and disadvantages of designing on it are defined. The importance of the system approach to process modelling in the context of low-code development is substantiated. The key aspects of modelling and basic notations are considered, it is shown how they influence the efficiency and flexibility of information systems. The synthesised technology of information system design on low-code platform is presented, based on the stages of which the efficiency of the process is evaluated by the method of calculating labour costs.

Practical significance. The results of the study make it possible to identify the real potential of low-code platforms to reduce the dependence of organisations on professional developers and reduce the time and cost of development. The identified barriers and success factors for users with different levels of training will allow platform owners and educational institutions to create more effective functionality and training materials. The paper also provides a comparative analysis of existing process modelling notations, which identified BPMN 2.0 as the most suitable for low-code development.

Keywords: Low-code, platform, technology, design, information system, process, modeling, BPMN, evaluation, efficiency.

Горячкин Борис Сергеевич

кандидат технических наук, доцент,
Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана
bsgor@mail.ru

Паршева Олеся Александровна

Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана
parsheva.alesya@mail.ru

Канаев Алексей Александрович

Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана
alekseykanaev@mail.ru

Аннотация. Постановка проблемы. Традиционная разработка информационных систем требует глубоких знаний в программировании, базах данных и архитектуре приложений, что ограничивает доступность процесса непрофессионалам и порождает барьер для многих организаций. Low-code платформы предлагают проектирование с минимальным кодированием, однако остаётся актуальным вопрос о том, насколько эффективным будет самостоятельное создание информационных систем различными пользователями и какие факторы на это могут повлиять.

Цель. Проанализировать особенности применения low-code платформы в технологии проектирования информационной системы пользователями с разным уровнем подготовки и предложить рекомендации для оптимизации процесса разработки систем.

Результаты. Определены особенности использования и архитектура отечественной low-code платформы, преимущества и недостатки проектирования на ней. Дано обоснование важности системного подхода к моделированию процессов в контексте малокодовой разработки. Рассмотрены ключевые аспекты моделирования и основные нотации, показано, как они влияют на эффективность и гибкость информационных систем. Представлена синтезированная технология проектирования информационной системы на low-code платформе, на основании этапов которой осуществлена оценка эффективности процесса методом расчета трудозатрат.

Практическая значимость. Результаты исследования дают возможность определить реальный потенциал low-code платформ для снижения зависимости организаций от профессиональных разработчиков и сокращения сроков и стоимости разработки. Выявленные препятствия и факторы успеха для пользователей с разным уровнем подготовки позволят владельцам платформ и образовательным учреждениям создавать более эффективный функционал и обучающие материалы. В работе также приведён сравнительный анализ существующих нотаций моделирования процессов, в результате которого BPMN 2.0 определена как наиболее подходящая при малокодовой разработке.

Ключевые слова: Low-code, платформа, технология, проектирование, информационная система, процесс, моделирование, BPMN, оценка, эффективность.

Введение

Мир технологий стремительно развивается, а вместе с ним и потребности в управленческих решениях, которые позволяют быстро и эффективно адаптироваться к изменениям. Low-code платформы стали ответом на этот вызов, предлагая инструменты для создания информационных систем без глубоких знаний в программировании. Однако, несмотря на свою простоту, метод требует особого подхода к проектированию.

Этот сдвиг парадигмы в разработке предоставляет организациям новые возможности, и осмысление эффективности применения low-code пользователями с разным уровнем подготовки становится ключевым фактором для принятия обоснованных решений в выборе стратегии цифровой трансформации. Анализ основных особенностей тогда необходим для понимания перспектив и ограничений нового подхода.

Специфика low-code платформы в работах исследователей

Существует определенное количество методологий разработки информационных систем и инструментов их проектирования. Наиболее привлекательными являются платформы, которые позволяют проектировать, проводить модификацию системы с минимальным кодированием, такие как low-code [1].

При классической разработке архитектура усложняется из-за использования отдельных инструментов. Малокодовая же разработка интегрирует все эти функции в одну платформу, сокращая временные затраты и усиливая на проектирование [2].

К тому же, low-code платформы упрощают создание программного продукта, позволяя пользователям без глубоких знаний программирования разрабатывать информационные системы, но на больших и сложных проектах обратиться к специалисту всё же придётся [3].

Благодаря этому становится возможным построение полноценных междисциплинарных команд аналитиков и разработчиков, обеспечивающих активную интеграцию формируемой инфраструктуры не только в оборудование и технические системы организации, но также в его программные системы экономического профиля и общую структуру процессов [4].

Необходимо отметить, что по причине высокой динамичности изменений процессов, вызванных сокращением или расширением организации, изменением номенклатуры предоставляемых услуг или выпускаемой продукцией, изменением законодательства и пр., применяются BPM-системы. Они позволяют оптимизировать

повторный анализ, построение и внедрение новых моделей процессов [5].

Нередко создатель low-code платформы добавляет собственные языки программирования, думая, что это упрощает жизнь конечного разработчика. В итоге это не всегда верно и становится крайне затратно потом найти специалиста под эту платформу или обучить его самостоятельно без привлечения ресурсов создателя. Неприятным моментом является привязанность многих платформ к доступу в интернет. Немаловажным фактом является относительно высокая стоимость самих платформ [6].

Основные характеристики отечественной low-code платформы

Отечественные low-code платформы предназначены для решения следующего блока задач:

- Разработка информационных систем любой сложности с минимальным привлечением программистов.
- Автоматизация специфических процессов, не охваченных функционалом insource и outsource решений.
- Обеспечение интеграции бизнес-систем с внутренними и внешними цифровыми ресурсами и сервисами.
- Импортозамещение цифровых инструментов.

В современной платформе реализованы принципы малокодовой (low-code) разработки программного обеспечения и технологии RAD-проектирования, ориентированные на максимально быстрое получение результата в условиях сильных ограничений по срокам и бюджету и нечетко определенных требований к продукту.

Применение платформы для разработки собственных информационных систем имеет ряд ключевых особенностей. Она дает возможность создавать любые учетные разделы и регистры под имеющиеся задачи, а не использовать готовые блоки, подобно стандартному конструктору. Это значит, что система будет полностью соответствовать специфике отрасли, а не подстраиваться под ограничения типового решения.

Высокая скорость разработки обеспечивается тем, что практически готовый макет системы создает аналитик, владеющий соответствующей компетенцией. На этом этапе отсутствует необходимость привлечения программистов, что значительно сокращает время и стоимость разработки, позволяя быстро прототипировать и корректировать требования.

В платформе можно вносить изменения в проект поэтапно на любой стадии, что делает процесс разработки

более гибким. Это позволяет оперативно реагировать на меняющиеся бизнес-требования и избежать дорогостоящих переделок в конце проекта.

Она также позволяет при создании решений не разрабатывать общий системный функционал, предназначенный для администрирования, контроля данных, управления ролями и пользователями. Такая особенность экономит ресурсы разработчиков, поскольку основные административные функции уже встроены в платформу, позволяя сосредоточиться на бизнес-логике приложения.

Использование платформы имеет следующие важные преимущества:

- Снижение рисков на начальных стадиях проектирования и создания информационных систем.
- Возможность постоянного тестирования функционала и своевременного его изменения.
- Реальная оценка текущего состояния проекта за счет возможности получения промежуточных результатов.
- Гибкие механизмы для многопользовательской разработки.

С помощью платформы можно создавать сложные функциональные корпоративные системы либо локальные информационные сервисы. При этом системы будут обладать следующими характеристиками:

- Полное отсутствие лицензионной нагрузки.
- Открытые программные коды.
- Отсутствие любых ограничений по срокам использования или количеству пользователей.
- Отсутствие ограничений по вертикальному и горизонтальному масштабированию.

В ходе исследования существующих решений авторы пришли к выводу, что платформа и создаваемые на её основе системы должны иметь трёхзвенную архитектуру (рис. 1).



Рис. 1. Архитектура современной low-code платформы

Для работы на стороне клиента используются любые интернет-браузеры. Приложение функционирует на базе языка программирования Java и свободно расширяемых фреймворков. На уровне базы данных чаще всего используется СУБД PostgreSQL любой версии.

Современная платформа представляет собой студию для разработки функционала и содержит следующие базовые модули:

1. Модуль администратор — для администрирования создаваемой системы и выполнения системных настроек.
2. Модуль для хранения и настройки нормативно-справочной информации.
3. Модуль для настройки интеграции с внешними информационными ресурсами.
4. Основной модуль — конструктор конфигурации, в котором и осуществляется создание функционала будущей системы.

Спроектированная в платформе информационная система также имеет модульную архитектуру. В её состав по умолчанию включаются модули: администратор, нормативно-справочная информация, интеграция и все функциональные модули, разработанные с помощью конструктора конфигураций.

Нотации моделирования процессов

Ключевой элемент эффективной low-code разработки — моделирование процессов (рис. 2). Процесс определяется как комплекс мероприятий, направленный на воспроизведение некоторого продукта или услуги. Под моделированием процессов понимается создание абстрактного представления реальных процессов с использованием графических схем, диаграмм и других инструментов, позволяющее визуализировать и анализировать последовательность действий, взаимодействие участников и ресурсов.

Модель процесса разрабатывается визуальными средствами при помощи графического представления объектов — Business Process Modeling Notation (BPMN). На данный момент идет активное создание платформ BPMS, отвечающих требованиям современных динамических бизнес-процессов [7].

Системный подход к моделированию процессов предоставляет ясный образ работы организации и позволяет определить необходимые функции системы для достижения желаемых результатов.

Однако часто моделирование процессов остается незадействованным этапом, что может привести к нарушениям работы системы и неудовлетворенности пользователей. Вместо того, чтобы стать инструментом



Рис. 2. Основные компоненты процесса

успеха, low-code может превратиться в опасность, если не применяется грамотно. Рассмотрим далее основные нотации моделирования процессов (рис. 3).

IDEFO является методом функционального моделирования, ориентированным на описание функций организации и их взаимосвязей. IDEFO использует диаграммы с четырьмя квадрантами, представляющими входные данные, выходные данные, управление и ресурсы. Эта нотация идеально подходит для анализа процессов в целом, а также для разработки системных требований к программному обеспечению. IDEFO помогает понять, как функции взаимодействуют друг с другом, какие ресурсы необходимы для выполнения каждой функции и какие ограничения накладываются на эти функции. При проектировании информационных систем IDEFO позволяет структурировать процессы, определить ключевые функции системы и затем разработать функциональные требования к информационной системе.

Базовая диаграмма процесса (Basic Flowchart) — это простая и наглядная нотация, используемая для визуализации последовательности шагов в процессе. Она использует графические символы (прямоугольники, ромбы, стрелки) для представления действий, условий и направлений потока процесса. Базовые диаграммы процессов особенно полезны при проектировании информационных систем для представления алгоритмов, логических операций и последовательности действий в системе. К примеру, можно использовать диаграмму процесса для визуализации алгоритма обработки заказа, ввода данных или автоматизации определенного действия в системе.

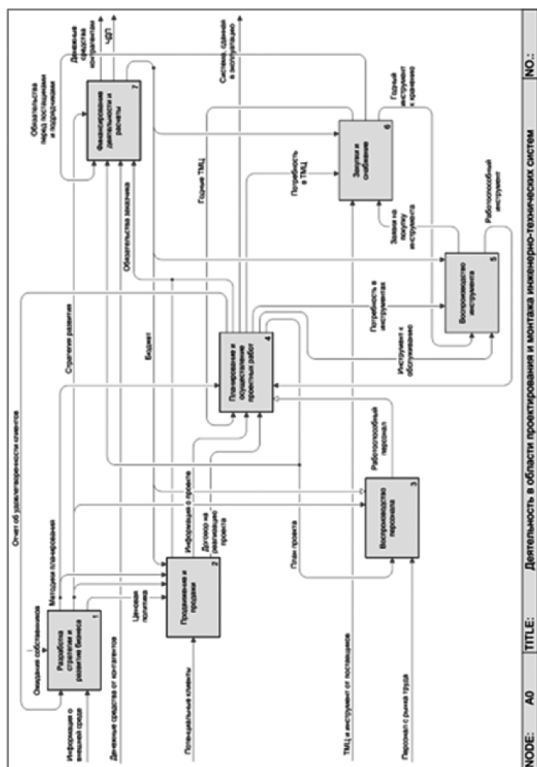
Процедура (Cross Functional Flowchart) — есть визуальный язык, помогающий понять, как различные отде-

лы компании взаимодействуют при выполнении задач. Представим себе таблицу, где столбцы — это отделы (например: продажи, маркетинг, производство), а строки — этапы процесса. Используя символы для действий, решений и передачи информации, мы можем наглядно показать, как информация и задачи перемещаются между отделами. Это позволяет увидеть, где возникают задержки, дублирование усилий, а также найти возможности для оптимизации.

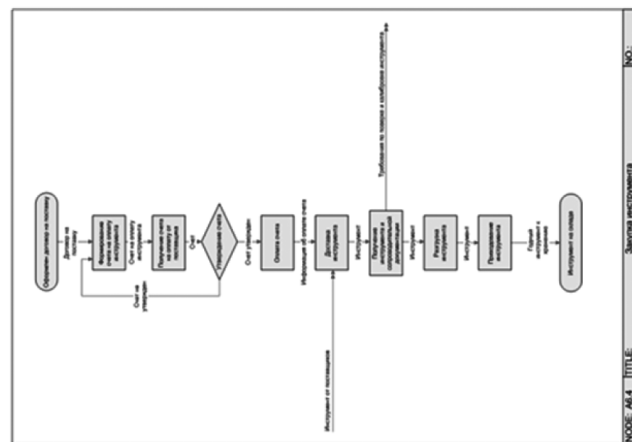
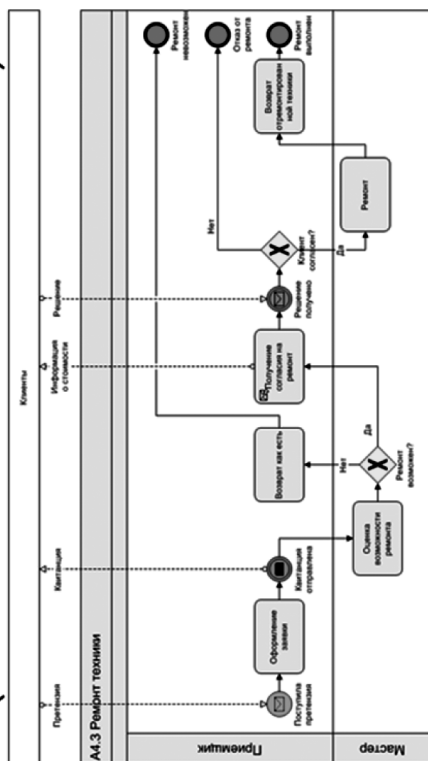
BPMN 2.0 (Business Process Model and Notation) позиционируется как стандартная нотация для моделирования бизнес-процессов, предназначенная для описания сложных процессов с разными участниками и взаимодействиями. Она предполагает использование широкого набора символов для представления различных типов действий, условий, ролей, пулов, подпроцессов, событий и т.д. BPMN 2.0 является одной из самых популярных нотаций для моделирования процессов в контексте проектирования информационных систем, потому что она позволяет создать детальную и понятную модель процессов, которая может быть использована как для разработки системы, так и для документации и обучения пользователей.

EPC (Event-Driven Process Chain) выступает нотацией для моделирования процессов, фокусирующейся на взаимодействиях между разными функциями или организационными единицами. Она использует символы для представления функций, событий и связей между ними. EPC позволяет продемонстрировать последовательность событий и действий в процессе, а также показать взаимодействие между разными подсистемами и системами. Эта нотация особенно полезна при проектировании информационных систем, включающих взаи-

1. IDEFO

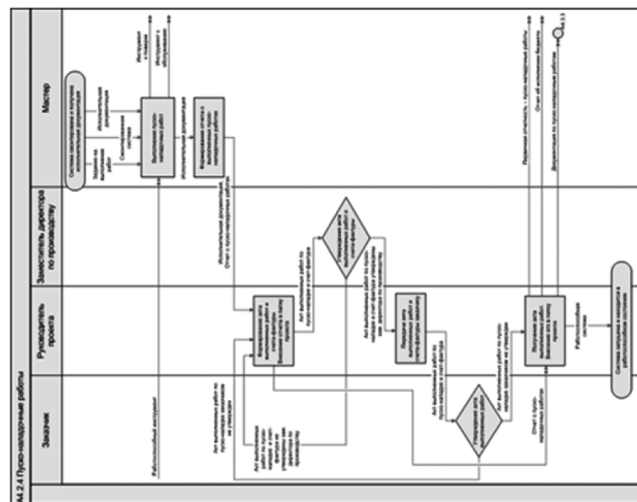


4. BPMN (Business Process Model and Notation)



2. Процесс (Basic Flowchart)

3. Процедура (Cross Functional Flowchart)



5. EPC (Event-Driven Process Chain)

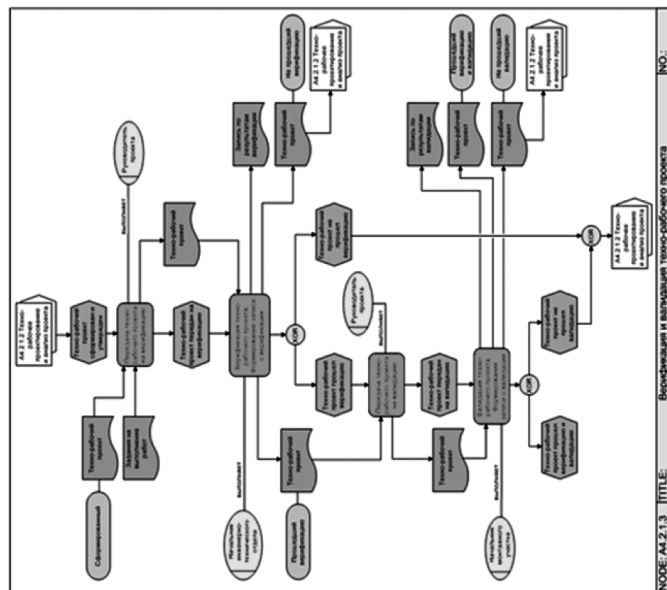


Рис. 3. Нотации моделирования процессов

модействие с внешними системами или учет различных событий. Например, EPC можно использовать для моделирования процесса обработки заказа, где участвуют внешние поставщики, система управления запасами и система доставки.

Авторами был проведен сравнительный анализ для определения наиболее подходящей при проектировании нотации. IDEFO, фокусируясь на функциональных декомпозициях, отлично подходит для структурирования сложных систем, но не так эффективна для описания динамических процессов взаимодействия. Базовая диаграмма процесса, сосредоточенная на последовательности действий, проста и понятна, но недостаточно гибка для сложных процессов с параллельными путями и условиями ветвления. Процедура, хотя и специализируется на визуализации взаимодействия между отделами, но не обеспечивает такого уровня структурирования и формализации, как BPMN 2.0. Наконец, EPC, ориентированная на события, не всегда удобна для конкретной реализации и может быть слишком абстрактной для практического применения.

BPMN 2.0, в отличие от других нотаций, отлично подходит для системного подхода к моделированию процессов, потому что позволяет визуализировать все процессы организации как единое целое, разбивать их на подпроцессы, указывать роли и ответственных, что способствует комплексному анализу и повышению эффективности работы. Кроме того, нотация обеспечивает возможность перехода от визуальной схемы к XML-коду, автоматизируя создание базовых элементов системы и упрощая проектирование на low-code платформе.

Технология проектирования на low-code платформе

Определив основные особенности и наиболее подходящую нотацию моделирования бизнес-процессов, авторы проработали синтезированную технологию проектирования. Её важность заключается в том, что она позволяет создавать и развертывать приложения значительно быстрее и с меньшими затратами, чем традиционные методы разработки, делая цифровые решения доступными для более широкого круга пользователей и организаций. Авторами предлагается разделить проектирование информационных систем с помощью платформы на пять этапов.

На первом этапе с помощью интерфейса платформы настраиваются таблицы базы данных, которые будут использоваться в учетных разделах системы. В разделе, условно именуемом «Таблицы базы данных», добавляются соответствующие таблицы и настраиваются необходимые параметры.

На втором этапе по созданным таблицам настраиваются разделы и экранные формы. Соответствующий интерфейс платформы генерируется автоматически по указанным при настройке параметрам. Здесь же подбираются пункты контекстного меню, связанные со специальными действиями или печатью отчетов из раздела.

На третьем этапе осуществляется формирование функционального модуля, настройка его главного меню и включение в модуль созданных разделов, действий и отчетов.

На четвертом этапе осуществляется разработка и привязка к разделам специальных действий, процедур и отчетов. Это единственный этап, где могут быть задействованы программисты SQL. С их помощью разрабатываются по запросу аналитика соответствующие хранимые процедуры, которые потом привязываются к действиям в разделах.

На последнем этапе осуществляется тестирование создаваемой системы. В первую очередь проводится функциональное тестирование. При обнаружении ошибок в функционале они исправляются в студии. В платформе также может быть заложен функционал нагрузочных испытаний.

После успешных проверок система выгружается из студии и может быть введена в эксплуатацию. Функционал, созданный с помощью отечественной платформы, может стать неким фреймворком для филиалов или смежных организаций, а также выступить фундаментом государственной информационной системы.

Оценка эффективности применения low-code платформы при проектировании информационной системы

Проведем сравнительный анализ и оценим эффективность проектирования информационной системы на low-code платформе и с использованием инструментария программирования. В основу расчета трудозатрат (человеко-часы) заложены описанные выше этапы, а также следующая классификация информационных систем:

- Простая система (начальная подготовка пользователей): несколько таблиц, базовый функционал, минимальная кастомизация.
- Средняя система (средняя подготовка пользователей): несколько десятков таблиц, более сложная бизнес-логика, средняя кастомизация.
- Сложная система (продвинутая подготовка пользователей): большое количество таблиц, комплексная бизнес-логика, высокая степень кастомизации, интеграции со сторонними системами.

Важно подчеркнуть, что универсальных стандартов расчета трудозатрат, применимых ко всем типам проек-

тов разработки, не существует. Поэтому оценки (рис. 4) являются результатами системного анализа проведенных ранее исследований [8, 9] и экспертных оценок. В реальной практике они осуществляются так же по задачам, существующим сценариям или планам спринтов.

По результатам оценки авторы отмечают, что во всех трёх вариантах сложности информационной системы проектирование на low-code платформе показывает значительное (в 2–2,5 раза) сокращение времени по сравнению с разработкой через код. При этом следует помнить, что осуществление четвёртого этапа невозможно без применения дополнительного кода и, соответственно, внешних инструментов.

Для наиболее сложных информационных систем, хотя low-code всё ещё выигрывает по времени, разница не столь критична, поскольку необходимы дополнительные настройки для сложной логики и интеграций. Безусловно, это требует высоких пользовательских навыков и увеличивает период работы на платформе. Также не стоит забывать, что на выбор подхода влияют не только временные затраты, но и другие факторы (бюджет, на-

личие квалифицированных специалистов, требования к кастомизации и т.д.).

Заключение

Использование low-code платформы открывает новые возможности для быстрой и гибкой разработки, но требует особого внимания к архитектуре и особенностям взаимодействия с ней. Синтезированная технология проектирования на low-code платформе подразумевает комплексный подход, включающий в себя возможность адаптировать нотацию, определение необходимого функционала платформы и системное моделирование бизнес-процессов. Такой подход позволяет создавать эффективные, гибкие и масштабируемые информационные системы, которые отвечают современным требованиям.

Будущие исследования в этой области должны сосредоточиться на изучении влияния различных типов low-code платформ и подходов к их применению на результаты проектирования. Крайне важно также проанализировать возможность использования мало-

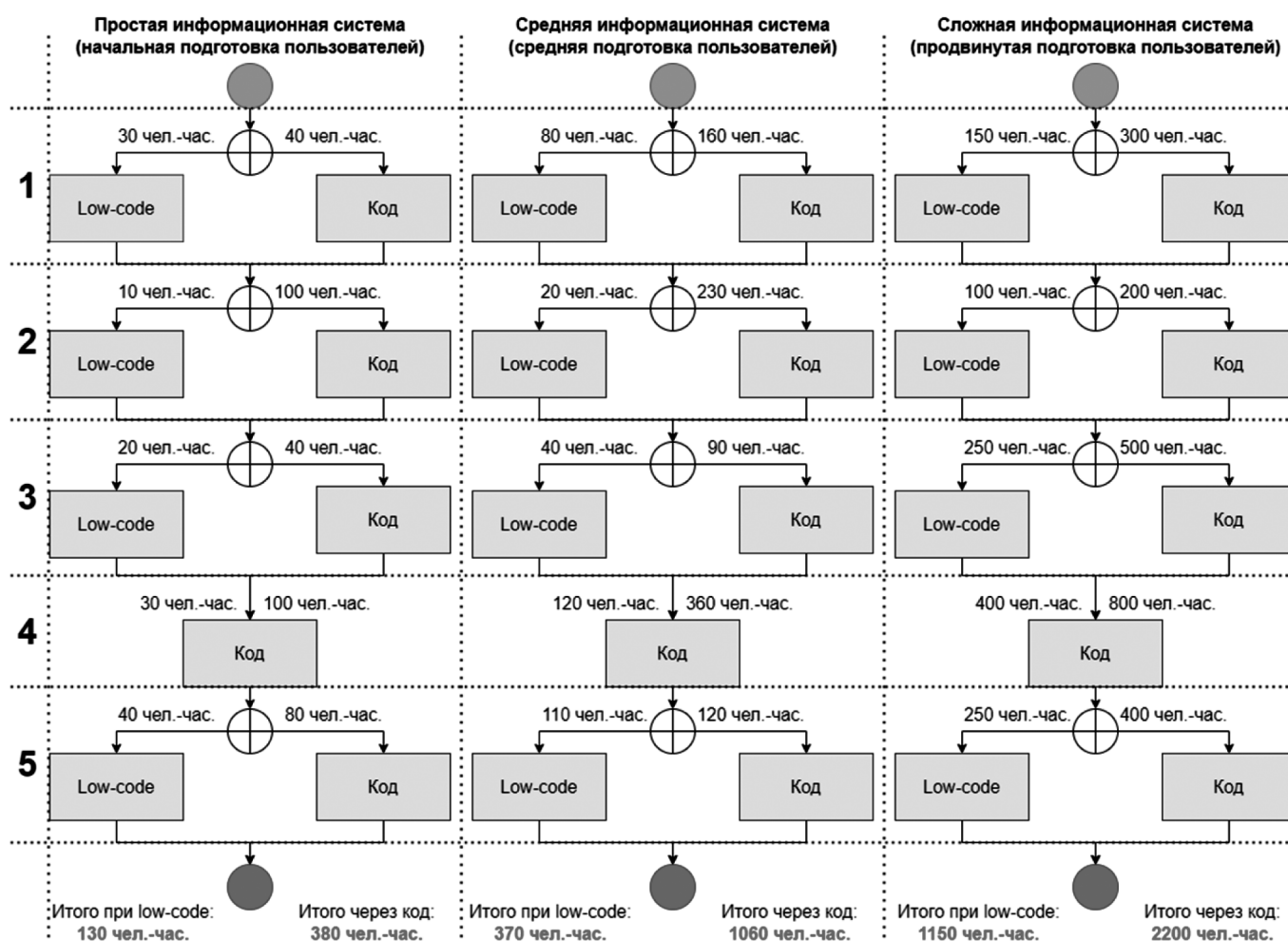


Рис. 4. Расчет трудозатрат при проектировании информационной системы

кодовой разработки в контексте государственных информационных систем, учитывая специфические требования к безопасности, масштабируемости, соответствию

нормативным актам и интеграции с существующей инфраструктурой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колдунова И.Д. Разработка автоматизированных информационных систем на базе low-code платформ / И.Д. Колдунова, В.В. Лихачев, А.А. Макаревич // Перспективы науки. — 2023. — № 3(162). — С. 30–33. — EDN ZDJMLG.
2. Кашеваров В.И. Применение концепций Low-code и BPM для создания новой методики обработки багажа авиапассажира / В.И. Кашеваров // Информационные технологии в управлении и экономике. — 2022. — № 2(27). — С. 25–32. — EDN WHWTAQ.
3. Абдуллаев Э.А. Low-code и No-code платформы / Э.А. Абдуллаев. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2024. — № 32 (531). — С. 6–7. — URL: <https://moluch.ru/archive/531/117021/> (дата обращения: 15.12.2024).
4. Голов Р.С. Перспективы использования технологий «low-code» и «no-code» при проектировании цифровой инфраструктуры высокотехнологичного предприятия / Р.С. Голов, А.В. Мыльник // СТИН. — 2023. — № 2. — С. 33–35. — EDN QZQRIR.
5. Патрусова А.М. Системный анализ процессов организации: инструментальный исследования / А.М. Патрусова // Труды Братского государственного университета. Серия: Экономика и управление. — 2021. — Т. 1. — С. 117–123. — EDN TPOYIR.
6. Иванов Ф.Ф. Использование Low-code платформ при переходе на процессный подход в создании автоматизированных систем // Ф.Ф. Иванов, Г.С. Яковлев // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. — 2020. № 1 30. — С. 120–126. — <http://krassec.ru/yakovlev2020-1/> (дата обращения: 15.12.2024). doi: 10.26117/2079–6641-2020-30-1-120-126).
7. Петровская К.В. Системы BPM для управления бизнес-процессами / К.В. Петровская // Приоритетные направления развития науки и образования: сборник статей VII Международной научно-практической конференции: в 2 ч., Пенза, 20 июня 2019 года. Том Часть 1. — Пенза: «Наука и Просвещение» (ИП Гуляев Г.Ю.), 2019. — С. 80–81. — EDN UKBYPM.
8. Семенов В.П. Мягкая оценка эффективности разработки интеллектуальных информационных систем / В.П. Семенов, Р.В. Соколов, И.Л. Андреевский // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. — 2024. — Т. 1. — С. 483–485. — EDN JXJUFZ.
9. Катасонова Н.С. RICEFS-классификация разработок и настроек для оценки трудозатрат // Корпоративные информационные системы. — 2023. — №4 (24) — С. 26–37. — URL: <https://corpinfosys.ru/archive/2023/issue-24/230-2023-24-ricefclassification> (дата обращения: 15.12.2024).

© Горячкин Борис Сергеевич (bsgor@mail.ru); Паршева Олеся Александровна (parsheva.alesya@mail.ru);

Канаев Алексей Александрович (alekseykanaev@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АЛГОРИТМ ВЫБОРА ЧИСЛА БЕСПРОВОДНЫХ КАНАЛОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВЫПАСОМ ЖИВОТНЫХ НА ОСНОВЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ И МУЛЬТИКОПТЕРОВ

ALGORITHM FOR SELECTING THE NUMBER OF WIRELESS CHANNELS FOR ANIMAL GRAZING CONTROL BASED ON THE INTERNET OF THINGS AND MULTICOPTERS

Karwi Jalal Qais Jamil
K. Polshchikov

Summary. The article considers the process of animal grazing control based on the use of unmanned aerial vehicles (multicopters) and the Internet of Things. The timeliness of multicopters performing animal movement control tasks largely depends on the performance of network gateways receiving messages about the location of each controlled individual. An algorithm for selecting the number of wireless channels used to transmit geolocation data is proposed. The use of the algorithm allows you to set the values of the parameters of the controlled process, which ensure the safety of grazing animals.

Keywords: animal grazing control, multicopter, internet of things, location, tracker.

Карви Джалал Каис Джамил

Аспирант, Белгородский государственный
национальный исследовательский университет
jalalalqaisy1@gmail.com

Польщиков Константин Александрович

доктор технических наук, профессор,
Белгородский государственный национальный
исследовательский университет
polshchikov@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается процесс контроля выпаса животных на основе применения беспилотных летательных аппаратов (мультикоптеров) и сети интернета вещей. Своевременность выполнения мультикоптерами задач по управлению перемещением животных во многом зависит от производительности сетевых шлюзов, принимаемых сообщения о местоположении каждой контролируемой особи. Предложен алгоритм выбора числа беспроводных каналов, используемых для передачи геопозиционных данных. Применение алгоритма позволяет установить значения параметров контролируемого процесса, при которых обеспечивается безопасность выпасаемых животных.

Ключевые слова: управление выпасом животных, мультикоптер, интернет вещей, местоположение, трекер.

В настоящее время в различных сферах активно применяются беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Они востребованы, в частности, для мониторинга территориально распределенных объектов [1]. На базе БПЛА могут создаваться беспроводные самоорганизующиеся сети, служащие для передачи данных в условиях деструктивных воздействий [2–3]. На основе БПЛА создаются цифровые системы «умного животноводства» [4]. В них предложено использование мультикоптеров для наблюдения за процессом выпаса скота [5–7]. В случае необходимости, эти БПЛА могут с помощью звуковых эффектов направлять животных в безопасную область пастбища. Основной недостаток этих решений состоит в том, мультикоптерам необходимо длительное время находиться в полете. Альтернативная концепция предполагает наблюдение за выпасаемыми животными с помощью геопозиционных трекеров, прикрепляемых к каждой особи [8–10]. Эти устройства способны передавать данные о местоположении животных по сети интернета вещей, функционирующей, в частности, на основе

протокола LoRaWAN [11–12]. Мультикоптеры при этом значительную часть времени находятся в режиме ожидания и задействуются только в тех случаях, когда необходимо возвратить животное в безопасное место.

В рамках наших исследований в целях обеспечения безопасности выпасаемых животных предлагается использовать различные классы их местоположения. Границы этих классов обозначены на рисунке 1.

Класс местоположения животного определяется его удаленностью RT от центра пастбища в соответствии со следующими критериями:

местоположение 0 класса: $RT \leq R0$;

местоположение 1 класса: $R0 < RT \leq R0 + D0$;

местоположение 2 класса:

$R0 + D0 < RT \leq R0 + D0 + D1$;

местоположение 3 класса: $RT > R0 + D0 + D1$.



Рис. 1. Фрагмент пастбища с границами классов местоположения

Животные, имеющие местоположение 0 класса, находятся в безопасной части пастбища и относятся к категории обычного наблюдения. Местоположение 1 класса имеют животные, за которыми требуется особое наблюдение, чтобы своевременно обнаружить их возможное перемещение в область местоположения 2 класса. При обнаружении перемещения животного в область местоположения 2 класса требуется немедленная передача команды на применение мультикоптера для того, чтобы с его помощью направить эту особь в более безопасное место. Перемещение животного в область местоположения 3 класса является недопустимым событием. Если оно произошло, то необходимо, так же, как и в предыдущем случае, воспользоваться мультикоптером, однако это не позволит гарантировать обеспечение безопасности животного.

Для своевременного обнаружения перемещения животных в опасные области пастбища требуется правильно выбрать значения периода отправки сообщений об их местоположении. Эти значения, с одной стороны, не должны быть слишком большими, чтобы можно было успеть вовремя направить мультикоптер в нужное место пастбища. С другой стороны, чрезмерное уменьшение этих значений может привести к перегрузке сетевых шлюзов, имеющих ограниченную производительность. При этом важную роль приобретает правильный выбор числа беспроводных каналов, которым характеризуются сетевые шлюзы.

Разработан алгоритм выбора числа каналов сетевых шлюзов, используемых в процессе управления выпасом животных на основе применения сети интернета вещей и беспилотных летательных аппаратов. Блок-схема алгоритма показана на рисунке 2.

Алгоритм предполагает выполнение шагов, представленных ниже.

Шаг 1. Начало алгоритма.

Шаг 2. Вводятся исходные данные: N — число выпасаемых животных; $N1$ — число выпасаемых животных,

относящихся к категории особого наблюдения; R — радиус пастбища; AR — площадь, необходимая для выпаса одного животного; VCM — максимальная скорость длительного перемещения животного по пастбищу; VU — средняя скорость полета мультикоптера; τ — среднее время приема одного сообщения; m — максимальное число сообщений, которые могут находиться в ожидании отправки (освобождения каналов); I — интенсивность поступления команд на исполнение мультикоптеру; AT — среднее время исполнения мультикоптером одной задачи без учета времени на полет в нужную точку пастбища; k — число используемых мультикоптеров; TN — число задач, которые могут ожидать исполнения мультикоптером. Текущее число беспроводных каналов Sp , используемых для передачи сообщений, может принимать значения, кратные 8. Начальное значение Sp равно 0.

Шаг 3. Выполняется процедура, в ходе которой последовательно вычисляются следующие величины:

среднее время ожидания начала выполнения задачи мультикоптером (при условии $I \cdot AT < k$):

$$WU = \frac{\frac{(I \cdot AT)^k}{k!} \cdot \sum_{s=k}^{k+TN} \left(\frac{I \cdot AT}{k} \right)^{s-k}}{\left(\frac{(I \cdot AT)^k}{k!} \cdot \sum_{s=1}^{TN} \left(\frac{I \cdot AT}{k} \right)^s + \sum_{z=0}^k \left(\frac{I \cdot AT}{z!} \right)^z \right) \cdot \left(\frac{k}{AT} - I \right)}$$

радиус безопасной части пастбища:

$$R0 = \sqrt{\frac{N \cdot AR}{\pi}};$$

расстояние от границы местоположения 2 класса до границы пастбища:

$$D2 = \left(\frac{2 \cdot R}{VU} + WU \right) \cdot VCM;$$

расстояние от границы местоположения 0 класса до границы местоположения 2 класса:

$$D01 = R - R0 - D2;$$

минимальное время, в течение которого животное сможет преодолеть расстояние от границы 0 класса до границы 2 класса:

$$T01 = \frac{D01}{VCM}.$$

Устанавливаются начальные значения:

рекомендуемого расстояния от границы местоположения 1 класса до границы местоположения 2 класса: $D1 = D01$;

текущего периода отправки сообщений трекерами, находящимися в области местоположения 0 класса: $CPR0 = \lfloor T01 \rfloor + 1$;

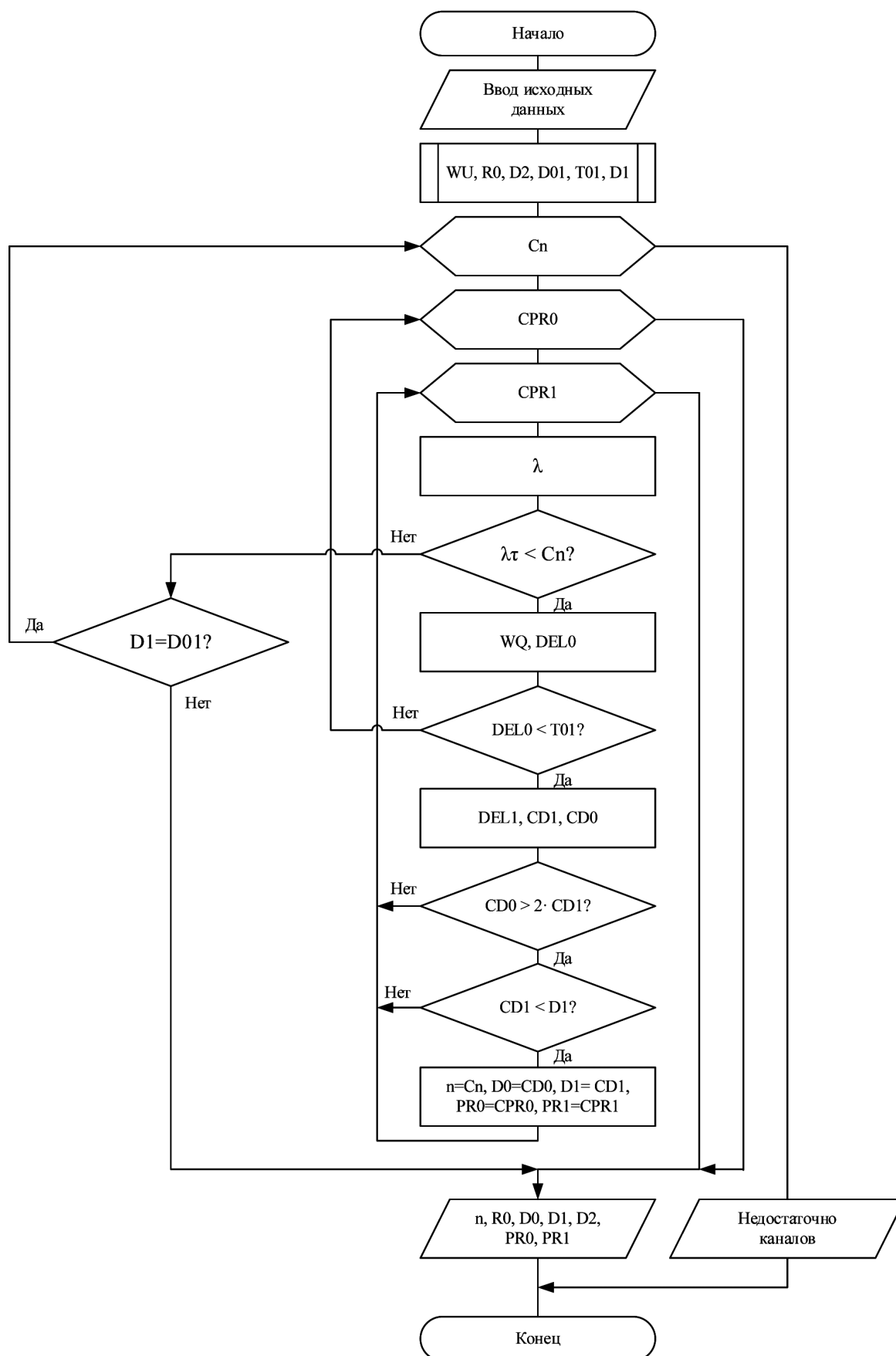


Рис. 2. Блок-схема предлагаемого алгоритма

текущего периода отправки сообщений трекерами, находящимися в областях местоположения 1, 2 или 3 классов: $CPR1 = CPR0 - 1$.

Шаг 4. Текущее число беспроводных каналов Cn увеличивается на 8. Если текущее число каналов превышает значение 64, то осуществляется переход к шагу 17. В противном случае выполнение алгоритма переходит к шагу 5.

Шаг 5. Текущее значение периода $CPR0$ уменьшается на 1. Если $CPR0 = 0$, то осуществляется переход к шагу 16. В противном случае выполнение алгоритма переходит к шагу 6.

Шаг 6. Текущее значение периода $CPR1$ уменьшается на 1. Если $CPR1 = 0$, то осуществляется переход к шагу 16. В противном случае выполнение алгоритма переходит к шагу 7.

Шаг 7. Вычисляется интенсивность передачи сообщений трекерами на сетевой шлюз:

$$\lambda = \frac{N1}{PR1} + \frac{N - N1}{PRO}.$$

Шаг 8. Проверяется выполнение условия: $\lambda \cdot \tau < Cn$. Если данное условие выполняется, то осуществляется переход к шагу 9. В противном случае выполнение алгоритма переходит к шагу 15.

Шаг 9. Вычисляется время ожидания передачи сообщения из трекера на сетевой шлюз, обусловленное временным отсутствием свободных каналов:

$$WQ = \frac{\frac{(\lambda \cdot \tau)^{Cn}}{Cn!} \cdot \sum_{u=Cn}^{Cn+m} \left(\frac{\lambda \cdot \tau}{Cn} \right)^{u-Cn}}{\left(\frac{(\lambda \cdot \tau)^{Cn}}{Cn!} \cdot \sum_{u=1}^m \left(\frac{\lambda \cdot \tau}{Cn} \right)^u + \sum_{x=0}^{Cn} \left(\frac{\lambda \cdot \tau}{x!} \right)^x \right) \cdot \left(\frac{Cn}{\tau} - \lambda \right)}.$$

Вычисляется интервал времени между моментами доставки на панель оператора данных, отправляемых трекером, который находится в области местоположения 0 класса:

$$DELO = CPR0 + WQ.$$

Шаг 10. Проверяется выполнение условия: $DELO < T01$. Если данное условие выполняется, то осуществляется переход к шагу 11. В противном случае выполнение алгоритма переходит к шагу 5.

Шаг 11. Последовательно вычисляются:

интервал времени между моментами доставки на панель оператора данных, отправляемых трекером, находящимся в области местоположения 1, 2 или 3 классов:

$$DEL1 = CPR1 + WQ;$$

текущее расстояние от границы местоположения 1 класса до границы местоположения 2 класса:

$$CD1 = VCM \cdot DEL1;$$

текущее расстояние от границы местоположения 0 класса до границы местоположения 1 класса:

$$CD0 = D01 - CD1.$$

Шаг 12. Проверяется выполнение условия: $CD0 > 2 \cdot CD1$. Если данное условие выполняется, то осуществляется переход к шагу 13. В противном случае выполнение алгоритма переходит к шагу 6.

Шаг 13. Проверяется выполнение условия: $CD1 < D1$. Если данное условие выполняется, то осуществляется переход к шагу 14. В противном случае выполнение алгоритма переходит к шагу 6.

Шаг 14. Искомые величины принимают следующие значения:

рекомендуемое число используемых беспроводных каналов $n = Cn$;

рекомендуемое расстояние от границы местоположения 0 класса до границы местоположения 1 класса $D0 = CD0$;

рекомендуемое расстояние от границы местоположения 1 класса до границы местоположения 2 класса $D1 = CD1$;

рекомендуемый период отправки сообщений трекерами, находящимися в области местоположения 0 класса $PRO = CPR0$;

рекомендуемый период отправки сообщений трекерами, находящимися в областях местоположения 1, 2 или 3 классов $PR1 = CPR1$.

Выполнение алгоритма возвращается к шагу 6.

Шаг 15. Проверяется выполнение условия: $D1 = D01$. Если данное условие выполняется, то осуществляется переход к шагу 4. В противном случае выполнение алгоритма переходит к шагу 16.

Шаг 16. Вывод рекомендуемых значений $n, R0, D0, D1, D2, PRO, PR1$. Выполнение алгоритма переходит к шагу 18.

Шаг 17. Вывод сообщения «Недостаточно каналов».

Шаг 18. Конец алгоритма.

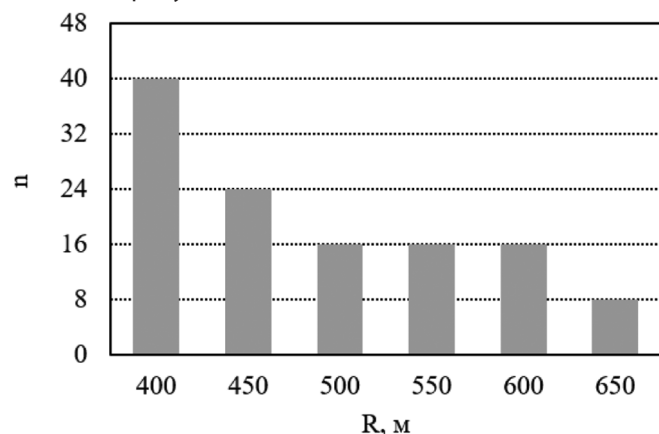
Для оценивания работоспособности предложенного алгоритма проведены вычислительные эксперименты, в которых использовались исходные данные, показанные в таблице 1.

Таблица 1.

Исходные данные

№ п/п	Величины	Значения	Единицы измерения
1	N	1000	–
2	$N1$	20	–
3	AR	100	м ²
4	VCM	2,5	м/с
5	VU	16	м/с
6	m	1000	–
7	τ	0,6	с
8	I	2	час ⁻¹
9	AT	180	с
10	k	1	–
11	TN	1000	–

В ходе проверки работоспособности разработанного алгоритма получены данные о значениях числа беспроводных каналов n , рекомендуемых к использованию в зависимости от размеров пастбища, определяемых его радиусом. Эти данные отображены на диаграмме, показанной на рисунке 3.

Рис. 3. График зависимости величины n от значений R

Анализ диаграммы показывает, что с помощью предлагаемого алгоритма при увеличении размеров пастбища рекомендуется использование меньшего числа беспроводных каналов. Это объясняется тем, что с ростом размеров пастбища увеличивается время, необходимое животному, чтобы преодолеть расстояние от границы

местоположения 0 класса до границы местоположения 2 класса, поэтому для отслеживания локации контролируемых особей можно увеличить период отправки трекерами геопозиционных сообщений. В процессе работы алгоритма получены также рекомендуемые значения параметров $R0$, $D0$, $D1$, $D2$, $PR0$ и $PR1$, представленные в таблице 2.

Таблица 2.

Результаты вычислительных экспериментов

Величины	$R, \text{м}$					
	400	450	500	550	600	650
$R0, \text{м}$	178,4					
$D0, \text{м}$	40,7	72,3	98,4	141,8	178,7	176,2
$D1, \text{м}$	5,9	8,6	16,9	7,9	5,4	42,2
$D2, \text{м}$	175,0	190,6	206,3	221,8	237,5	253,1
$PR0, \text{с}$	18,0	31,0	44,0	59,0	73,0	85,0
$PR1, \text{с}$	2,0	3,0	6,0	3,0	2,0	15,0

Анализ содержимого таблицы 2 показывает, что применение разработанного алгоритма позволяет существенно расширить относительно безопасную область пастбища. При этом область местоположения 2 класса занимает значительно меньшую часть пастбища, что позволяет снизить число случаев использования БГЛА. Кроме того, при использовании предлагаемого алгоритма величина $PR0$ многократно превышает величину $PR1$. Благодаря этому рекомендуемые значения периода отправки сообщений подавляющим количеством трекеров достаточно велики, что позволяет, во-первых, уменьшить нагрузку на сетевые шлюзы и, во-вторых, снизить энергопотребление трекеров в процессе передачи геопозиционных данных.

Таким образом, разработан алгоритм выбора числа каналов сетевых шлюзов, используемых в процессе управления выпасом животных на основе применения сети интернета вещей и беспилотных летательных аппаратов. Функционирование алгоритма осуществляется с учетом предложенной классификации местоположения животных в пределах пастбища. Оценивание работоспособности алгоритма на основе проведения вычислительных экспериментов показало, что его применение позволяет минимизировать число используемых беспроводных каналов сетевых шлюзов и выбрать такие значения периода отправки сообщений геопозиционными трекерами, при которых с помощью беспилотных летательных аппаратов обеспечивается безопасность выпасаемых животных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mahdi T.N., Jameel J.Q., Polshchykov K.A., Lazarev S.A., Polshchykov I.K., Kiselev V.E. Clusters partition algorithm for a self-organizing map for detecting resource-intensive database inquiries in a geo-ecological monitoring system. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*. 2021. Vol. 9, No. 4. PP. 1138–1145.
2. Константинов И. С., Пилипенко О. В., Польщиков К. А., Ивашук О. Д. К вопросу обеспечения связи в процессе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на объектах строительства. *Строительство и реконструкция*. 2016. № 1 (63). С. 40–46.
3. Константинов И.С., Польщиков К.А., Лазарев С.А. Имитационная модель передачи информационных потоков в мобильной радиосети специального назначения. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика*. 2015. № 13(210). С. 156–163.
4. Bretas I.L., Dubeux J.C.B., Cruz P.J.R., Oduor K.T., Queiroz L.D., Valente D.S.M., Chizzotti F.H.M. Precision livestock farming applied to grazingland monitoring and management — A review. *Agronomy Journal*. 2024. No. 116. PP. 1164–1186.
5. Chen T., Zheng H., Chen J., Zhang Z., Huang X. Novel intelligent grazing strategy based on remote sensing, herd perception and UAVs monitoring. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2024. Vol. 219. PP. 108807.
6. Ortega J.C.Ú., Rodríguez-Molina J., Martínez-Núñez M., Garbajosa J. A Proposal for Decentralized and Secured Data Collection from Unmanned Aerial Vehicles in Livestock Monitoring with Blockchain and IPFS. *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13 (1). PP. 471.
7. Luo W., Zhang Z., Fu P., Wei G., Wang D., Li X., Shao Q., He Y., Wang H., Zhao Z. et al. Intelligent Grazing UAV Based on Airborne Depth Reasoning. *Remote Sensing*. 2022. Vol. 14 (17). PP. 4188.
8. Qazi M.I., Muneer A. Smart Farming: An Enhanced Pursuit of Sustainable Remote Livestock Tracking and Geofencing Using IoT and GPRS. *Wireless Communications and Mobile Computing*. 2020. Vol. 12. PP. 6660733.
9. Wang H., Zhang X., Meng X., Song W. and Chen Z. Electronic Sheepdog: A Novel Method in With UAV-Assisted Wearable Grazing Monitoring. *IEEE Internet of Things Journal*. 2023. Vol. 10 (18). PP. 16036–16047.
10. Sadiq B.O., Buhari M.D., Danjuma Y.I., Zakariyya O.S., Shuaibu A.N. High-tech herding: Exploring the use of IoT and UAV networks for improved health surveillance in dairy farm system. *Scientific African*. 2024. Vol. 25. PP. e02266.
11. Li Ji., Ling M., Shui J., Huang S., Dan J., Gou B., Wu Y. Smart Grazing in Tibetan Plateau: Development of a Ground-Air-Space Integrated Low-Cost Internet of Things System for Yak Monitoring. *Wireless Communications and Mobile Computing*. 2022. PP. 1870094.
12. Islam N., Rashid M.M., Pasandideh F., Ray B., Moore S., Kadel R. A Review of Applications and Communication Technologies for Internet of Things (IoT) and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Based Sustainable Smart Farming. *Sustainability*. 2021. Vol. 13(4). PP. 1821.

© Карви Джалал Каис Джамил (jalalalqaisy1@gmail.com); Польщиков Константин Александрович (polshchykov@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ЦИКЛЕ ПЕРЕРАБОТКИ РАДИАЦИОННОГО ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

AUTOMATED RISK MANAGEMENT ALGORITHMS IN THE RECYCLING CYCLE RADIATION SECONDARY RAW MATERIALS

**S. Korendyasev
O. Romashkova
A. Kapterev**

Summary. The article discusses modern approaches to the construction of radiation risk management algorithms in the recycling cycle of secondary radiation raw materials at recycling complexes. The relevance of the study is due to the need to ensure the safety of technological processes and minimize the negative impact on the environment and human health in conditions of increasing volumes of radioactive waste.

The work analyzes radiation risks at key stages of raw material processing, including transportation, sorting, processing, and storage. Modern methods of their identification, assessment and minimization based on the use of quantitative methods of analysis, modeling and principles of a systematic approach are considered. Special attention is paid to the use of innovative technologies such as digital twins, artificial intelligence, and machine learning to improve the effectiveness of risk management.

Based on the analysis, approaches to the construction of algorithms integrated into the control systems of recycling complexes are proposed. These algorithms allow you to quickly assess the current radiation situation, predict potential emergencies and take preventive measures. An example of the implementation of the proposed solutions is given, including their testing in conditions close to real ones and an assessment of their effectiveness by several key indicators.

The results of the study demonstrate that the implementation of the proposed approaches to the development of algorithms significantly reduces the likelihood of accidents, increases the environmental sustainability of processes, and optimizes production operations. Conclusions are drawn about the prospects for further use of the proposed approaches in the field of radioactive waste processing and their adaptation to other industries.

The article may be useful to specialists in the field of radioactive materials processing, environmentalists, industrial safety engineers, as well as researchers involved in radiation protection and risk management.

Keywords: radiation risks, recycling of secondary radiation raw materials, recycling complex, risk management, management algorithms, radiation safety, digital technologies, modeling, environmental sustainability, emergency situations.

Корендясов Станислав Васильевич

Аспирант, ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет (МГПУ)»

KorendyasevSV@mgu.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

Каптерев Андрей Игоревич

Доктор педагогических наук, доктор социологических наук, профессор, ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет (МГПУ)» г. Москва

kapterev@yandex.ru

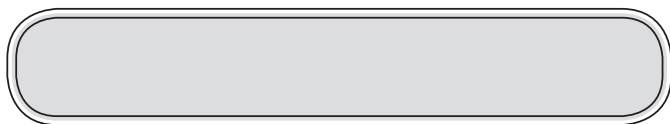
Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы к построению алгоритмов управления радиационными рисками в цикле переработки вторичного радиационного сырья на рециклинговых комплексах. Актуальность исследования обусловлена необходимостью обеспечения безопасности технологических процессов и минимизации негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека в условиях роста объемов радиоактивных отходов.

В работе проведён анализ радиационных рисков на ключевых этапах переработки сырья, включая транспортировку, сортировку, переработку и хранение. Рассмотрены современные методы их идентификации, оценки и минимизации, основанные на использовании количественных методов анализа, моделирования и принципов системного подхода. Особое внимание уделено применению инновационных технологий, таких как цифровые двойники, искусственный интеллект и машинное обучение, для повышения эффективности управления рисками.

На основе проведённого анализа предложены подходы к построению алгоритмов, интегрированных в системы управления рециклинговых комплексов. Эти алгоритмы позволяют оперативно оценивать текущую радиационную обстановку, прогнозировать потенциальные аварийные ситуации и принимать превентивные меры. Приведён пример реализации предложенных решений, включая их тестирование в условиях, приближенных к реальным, и оценку их эффективности по ряду ключевых показателей.

Результаты исследования демонстрируют, что внедрение предложенных подходов к разработке алгоритмов способствует значительному снижению вероятности возникновения аварий, повышению экологической устойчивости процессов и оптимизации производственных операций. Сделаны выводы о перспективности дальнейшего использования предложенных подходов в области переработки радиоактивных отходов и их адаптации к другим отраслям промышленности.

Статья может быть полезна специалистам в области переработки радиоактивных материалов, экологам, инженерам по промышленной безопасности, а также научным сотрудникам, занимающимся вопросами радиационной защиты и управления рисками.



Введение

Современное развитие технологий переработки отходов, в том числе радиоактивных, связано с необходимостью минимизации негативного воздействия на окружающую среду и обеспечения безопасности человека [1]. Радиоактивное вторичное сырьё, образующееся в процессе эксплуатации ядерных объектов и при утилизации радиоактивных материалов, представляет собой сложный объект управления. Наличие радиационных рисков на всех этапах переработки требует разработки и внедрения современных подходов и алгоритмов, позволяющих не только минимизировать вероятность инцидентов, но и эффективно реагировать на возможные аварийные ситуации [2].

Проблема управления радиационными рисками приобретает особую актуальность в условиях увеличения объёмов вторичного радиоактивного сырья и необходимости его рационального использования [3]. При этом переработка таких материалов на рециклинговых комплексах должна отвечать строгим экологическим и санитарным требованиям, что требует применения системного подхода к идентификации, оценке и снижению рисков. Важную роль здесь играют цифровые технологии, аналитические модели и алгоритмы, позволяющие оптимизировать процессы и повысить их безопасность [4].

Целью данной работы является разработка эффективных алгоритмов управления радиационными рисками в цикле переработки радиационного вторичного сырья [5]. В рамках исследования ставятся следующие задачи:

1. Провести анализ радиационных рисков на ключевых этапах переработки.
2. Определить основные подходы и принципы управления рисками с учётом нормативных требований и технологических возможностей.
3. Предложить алгоритмы, направленные на минимизацию рисков и оптимизацию технологических процессов.
4. Оценить эффективность предложенных решений на примере рециклингового комплекса.

Настоящая статья представляет собой обзорный и аналитический труд, направленный на систематизацию существующих методов управления радиационными рисками и внедрение инновационных подходов в области переработки радиоактивных материалов. Полученные результаты могут быть использованы как для совершенствования процессов на рециклинговых комплексах, так

Ключевые слова: радиационные риски, переработка вторичного радиационного сырья, рециклинговый комплекс, управление рисками, алгоритмы управления, радиационная безопасность, цифровые технологии, моделирование, экологическая устойчивость, аварийные ситуации.

и для дальнейшего развития нормативно-методической базы в области обращения с радиоактивными отходами.

Анализ радиационных рисков и подходы к управлению ими

Радиационное вторичное сырьё является сложным объектом для переработки ввиду его физико-химических характеристик и потенциальной опасности для человека и окружающей среды [3]. Основные риски, связанные с этим типом материалов, обусловлены наличием радиоактивных изотопов, которые могут представлять угрозу как при нормальной эксплуатации, так и в случае нарушений технологических процессов. Анализ этих рисков и разработка подходов к их управлению являются ключевыми элементами обеспечения безопасности на всех этапах цикла переработки.

Эффективное управление радиационными рисками начинается с их систематизации. Возможная схема классификации радиационных рисков представлена на рисунке 1. Наибольшую угрозу представляют процессы обращения с сырьём на этапах транспортировки, сортировки, переработки и хранения. На этих стадиях возможно не только прямое воздействие ионизирующего излучения на персонал, но и потенциальные выбросы радиоактивных веществ в окружающую среду. Учет всех возможных сценариев развития событий требует проведения комплексного анализа, включающего как количественные, так и качественные методы оценки.

Современные подходы к управлению радиационными рисками опираются на интеграцию научно-технических данных, информационных технологий и регуляторных требований. Одним из наиболее эффективных инструментов является методика оценки вероятностных рисков, которая позволяет рассмотреть различные сценарии развития аварийных ситуаций и разработать соответствующие меры реагирования.

Особое значение имеет моделирование технологических процессов с использованием «цифровых двойников», что позволяет прогнозировать последствия различных сценариев и оптимизировать рабочие параметры системы [6].

Ключевую роль в управлении радиационными рисками играет принцип «многоуровневой защиты», предполагающий создание барьеров на всех этапах переработки. Эти барьеры обеспечивают физическую, техническую и организационную защиту от распространения радиа-

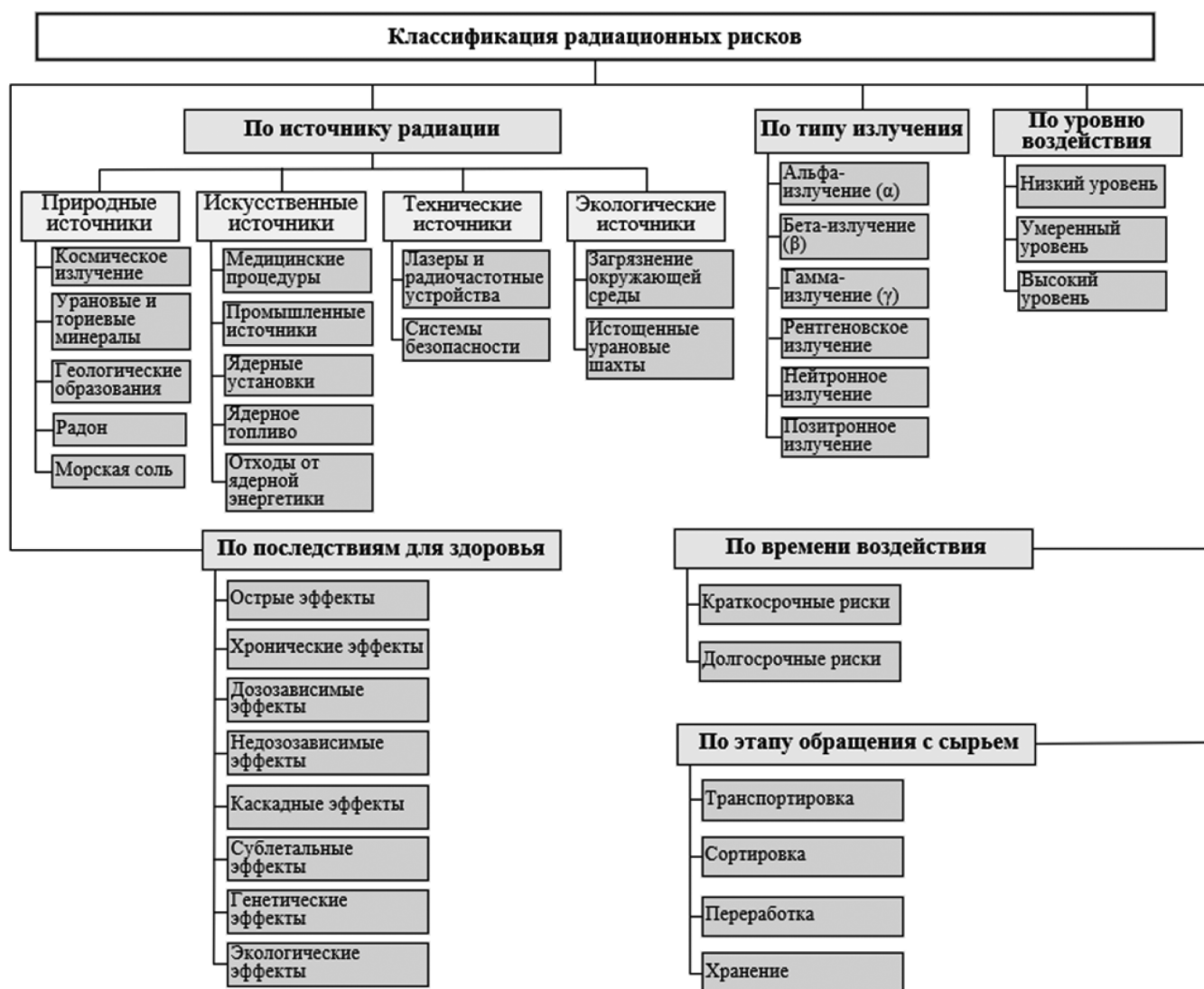


Рис. 1. Схема классификации радиационных рисков

ции и включают в себя системы автоматического контроля, защитные конструкции, а также обучение и подготовку персонала [7].

Неотъемлемой частью работы с радиационным сырьём является соблюдение нормативных и законодательных требований. Международные организации, такие как Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ), а также национальные регуляторы предоставляют основы для разработки стандартов и инструкций, направленных на минимизацию рисков. Эти стандарты учитывают как технические параметры, так и аспекты безопасности для здоровья человека и экологии [8].

Развитие методов и систем управления радиационными рисками также требует применения инновационных технологий, включая использование искусственного интеллекта для автоматизации мониторинга, применения роботов в зонах с высоким уровнем радиации и внедрения аналитических систем для прогнози-

рования и предотвращения инцидентов. Такие подходы позволяют не только минимизировать человеческий фактор, но и значительно повысить эффективность процессов переработки.

Таким образом, анализ радиационных рисков и выбор эффективных подходов к их управлению составляют основу обеспечения безопасности переработки радиационного вторичного сырья. Современные методы управления позволяют снизить вероятность инцидентов, минимизировать воздействие на окружающую среду и обеспечить соответствие технологических процессов нормативным требованиям.

Предложения по разработке и внедрению алгоритмов автоматизированного управления радиационными рисками

Разработка алгоритмов управления радиационными рисками в цикле переработки вторичного радиацион-

ного сырья основывается на интеграции научных подходов, современных технологий и практических знаний. Эти алгоритмы должны учитывать особенности перерабатываемых материалов, технологические характеристики комплекса и потенциальные риски на каждом этапе производственного цикла. Их главные задачи — это уменьшение вероятности возникновения аварийных ситуаций, снижение радиационного воздействия на персонал и окружающую среду, а также обеспечение устойчивой и эффективной работы комплекса переработки радиационного вторсырья.

Алгоритмы управления строятся на современном подходе, позволяющем объединить данные из разных источников, таких как мониторинг радиационной обстановки, анализ технологических процессов и математическое моделирование. Такие алгоритмы создаются с применением методов количественной оценки риска, анализа чувствительности измерительного оборудования и моделирования сценариев чрезвычайных ситуаций. Например, оценка изменений среднего значения радиационного фона в реальном времени используется для автоматической корректировки порогового уровня срабатывания системы контроля радиации.

Особое внимание в статье уделяется непосредственно разработке алгоритмов, позволяющих управлять аварийной ситуацией и контролировать её последствия [9]. Они включают в себя прогностические модели, которые основаны на полученных данных о поведении радиоактивных материалов в различных условиях. Помимо предиктивных моделей алгоритмы учитывают меры по локализации и минимизации последствий инцидентов. Такие алгоритмы должны быть обязательно интегрированы в систему управления любого комплекса, так как они позволяют обеспечивать автоматическое и/или полуавтоматическое принятие решений. Это особенно важно в тех случаях, когда требуется необходимое оперативное реагирование. Например, при утечке радиоактивных веществ с предприятия или при поломке оборудования в комплексе.

Примером реализации разработанных алгоритмов можно считать их внедрение и активное использование на рециклинговом предприятии. Для того, чтобы обеспечить эффективность управления радиационными рисками приходится интегрировать алгоритм в общую систему управления предприятием, а не в отдельную его часть. Это охватывает следующие моменты: использование датчиков и систем мониторинга, предоставляющие своевременную информацию о радиационной обстановке, программное обеспечение для анализа данных состояния отходов материалов на предприятии и формирования последующих рекомендаций. Такие технологии позволяют, в первую очередь, выявлять потенциальные риски, а во вторую — принимать превентивные

меры, направленные на их устранение, и не позволяющие им нанести серьёзный ущерб окружающей среде.

Одним из важнейших этапов внедрения алгоритмов, без которого просто невозможно обойтись, — это их тестирование в условиях, приближенных к реальным и/или в реальных условиях. На этом этапе удаётся выявить слабые стороны системы, требующие доработки, определить возможные узкие места и оптимизировать алгоритмы до их использования в производственной среде, доведя их до идеальной формулы. Для того, чтобы оценить эффективность разработанных решений, нужно применить ряд тестовых показателей, включая снижение уровня радиационного воздействия, сокращение времени реакции на инциденты и повышение общей производительности комплекса.

Современные цифровые технологии, названные сквозными, такие как искусственный интеллект, глубокое обучение, виртуальная и дополненная реальность, позволяющие создавать цифровых двойников, открывают новые возможности разработки алгоритмов управления радиационными рисками. В частности, алгоритмы машинного обучения за очень короткое время обрабатывают большие объёмы данных, выявляют скрытые закономерности и предлагают оптимальные сценарии управления рисками и их предотвращения. Использование цифровых двойников, в свою очередь, открывает возможности моделирования различных условий и тестирования сгенерированных алгоритмов, исключая потенциальные риски для персонала предприятия и окружающей среды в целом.

В целом можно смело утверждать, что использование описанных алгоритмов управления радиационными рисками в анализируемом цикле переработки радиационных отходов способно значительно повысить безопасность и экологическую устойчивость всего комплекса. В то же время, если в нашу задачу входит достижение максимальной эффективности всего цикла необходимо постоянно анализировать разработанные решения, адаптировать их к новым условиям и интегрировать в существующие системы управления. Такой подход обеспечивает не только минимизацию рисков, но и оптимизацию всех процессов переработки, что является ключевым фактором устойчивого развития отрасли.

Заключение

Проведенное исследование подтверждает, что разработка эффективных алгоритмов управления радиационными рисками в цикле переработки вторичного радиационного сырья является одновременно важной и многоаспектной задачей, требующей комплексного подхода. Именно для успешного решения этой задачи и необходима систематизация рисков, глубокий анализ

их природы и характеристик, а также применение инновационных технологий и современных научных методов.

В рамках проведенного исследования были выделены основные этапы переработки, где сконцентрированы ключевые риски, и предложены подходы к их минимизации. Использование методов количественного анализа рисков и моделирования позволило сформировать научно обоснованные рекомендации для управления радиационными рисками. Интеграция алгоритмов управления в производственные системы рециклингового комплекса обеспечивает не только высокий уровень безопасности, но и оптимизацию технологических операций.

Практическая значимость предлагаемых подходов и разработанных алгоритмов подтверждается их способностью значительно снижать вероятность возникновения аварийных ситуаций, оперативно реагировать на инциденты и минимизировать негативные последствия для персонала и окружающей среды. Отметим, что применение описанных алгоритмов способствует повышению производительности перерабатывающих комплексов за счёт автоматизации процессов и улучшения контроля над всеми стадиями работы с радиационным сырьём.

Одним из ключевых аспектов исследования стало рассмотрение перспектив применения сквозных цифро-

вых технологий, таких как искусственный интеллект, машинное обучение, нейронные сети и цифровые двойники [10]. Эти инструменты открывают новые возможности для создания адаптивных систем управления, которые с помощью интеллектуального анализа больших данных учитывают динамически изменяющиеся условия и повышают надёжность принимаемых решений.

Однако необходимо отметить, что внедрение предложенных решений требует не только технической адаптации, но и значительных организационных усилий, включая подготовку персонала, развитие нормативно-методической базы и обеспечение финансирования. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка универсальных подходов, которые могут быть адаптированы для различных типов перерабатывающих комплексов и условий эксплуатации.

Таким образом, проведённое исследование подтверждает важность и актуальность управления радиационными рисками в современных условиях. Предложенные подходы и алгоритмы могут служить основой для создания безопасных и экологически устойчивых систем переработки радиоактивных материалов, что способствует не только решению текущих задач отрасли, но и её долгосрочному развитию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шилкина С.В. Мировые тенденции управления отходами и анализ ситуации в России // Отходы и ресурсы. 2020. Т. 7. № 1. С. 5.
2. Росновский С.В., Поваров В.П. Обеспечение радиационной защиты при временном хранении отверждённых радиоактивных отходов в хранилищах ангарного типа // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. 2021. № 2. С. 96–105.
3. Калиева А.Ж., Ромашкова О.Н. Автоматизированная информационная система «Цифровой рудник» на предприятиях атомной промышленности в Республике Казахстан // В книге: Современные проблемы физики и технологий. Сборник тезисов докладов XI международной молодежной научной школы-конференции. Москва, 2024. С. 301–303.
4. Петрова А.М., Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н., Чискидов С.В. Модели процессов функционирования информационной системы мониторинга климата и окружающей среды в арктическом регионе // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 4–2. С. 104–110.
5. Корендясев С.В. К вопросу автоматизации оценки рисков чрезвычайных ситуаций при переработке радиационного вторичного сырья // В книге: #ScienceJuice2021. Сборник тезисов студенческой открытой конференции. Составители: Н.В. Вознесенская. Москва, 2021. С. 453–455.
6. Гришин Д.А., Ромашкова О.Н. «Цифровые двойники» — лидирующая концепция индустрии 4.0 // В сборнике: Актуальные проблемы общества, экономики и права в контексте глобальных вызовов. Сборник научных статей по материалам Межрегиональной научно-практической конференции студентов, аспирантов, преподавателей и учёных. Сергиев Посад, 2023. С. 274–282.
7. Каптерев А.И. Технология управления рисками при организации переработки радиационного вторичного сырья на рециклинговом комплексе в условиях сохранения окружающей среды // В сборнике: Открытая наука 2024. Сборник статей III Всероссийской научной конференции с международным участием. Москва, 2024. С. 141–144.
8. ГОСТ Р 57216–2016 Радиационный контроль. Представление результатов измерений. — М.: Стандартинформ. 2016. — 24 с.
9. Корендясев С.В., Чискидов С.В. Об одном алгоритме решения задачи управления рисками при организации переработки радиационного вторичного сырья на рециклинговом комплексе в условиях сохранения окружающей среды // В сборнике: Актуальные вопросы проектирования и разработки программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем в сфере РСЧС и ГО. Сборник трудов секции №13 XXXIV Международной научно-практической конференции. Химки, 2024. С. 72–76.
10. Михеева Е.О., Ромашкова О.Н. Цифровой двойник компьютерной лаборатории // В сборнике: Междисциплинарные проблемы человеко-машинного взаимодействия. Сборник научных статей. Москва, 2023. С. 107–110.

© Корендясев Станислав Васильевич (KorendyasevSV@mgpu.ru); Ромашкова Оксана Николаевна (ox-rom@yandex.ru);

Каптерев Андрей Игоревич (kapterev@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ SAAS-РЕШЕНИЙ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ КОМПАНИЯХ

THE POSSIBILITIES OF USING SAAS SOLUTIONS IN TELECOMMUNICATIONS COMPANIES

**A. Koroleva
O. Romashkova**

Summary. The article discusses the use of cloud technologies and SaaS solutions in Russia. Their positive aspects, as well as reliability and safety in use. The authors provide alternative examples to server applications and describe the well-known lists. The prospects for the use of server applications in telecom (telecommunications industry) are very wide and promising. In particular, the introduction of cloud solutions based on server applications makes it easier for operators to scale resources, improve fault tolerance, and reduce infrastructure costs. Using server applications, you can create personalized services, improve customer support, and provide more flexible data plans.

Keywords: cloud technologies, SaaS solutions, hardware, telecom, outsourcing.

Королева Аида Шаршенбековна

Аспирант, ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет (МГПУ)» г. Москва
korolevaas574@mgpu.ru

Ромашкова Оксана Николаевна

Доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства
и государственной службы при Президенте РФ
(РАНХиГС)», г. Москва
ox-rom@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы использования облачных технологий и SaaS-решений в России. Их положительные стороны, а также надежность и безопасность в использовании. Авторы приводят альтернативные примеры серверным приложениям и описывают об известных перечнях. Перспективы применения серверных приложений в телекоме (телекоммуникационной отрасли), весьма широки и многообещающи. В частности, внедрение облачных решений на базе серверных приложений позволяет операторам проще масштабировать ресурсы, улучшать отказоустойчивость и снижать затраты на инфраструктуру. С помощью серверных приложений можно создавать персонализированные услуги, улучшать поддержку клиентов и предоставлять более гибкие тарифные планы.

Ключевые слова: облачные технологии, SaaS-решения, аппаратное обеспечение, телеком, аутсорсинг.

Введение

В настоящее время об облачных технологиях и SaaS-решениях начали часто говорить в России. В данной статье будет рассмотрено более подробно, что собой представляют SaaS-сервисы и каким образом они могут быть наиболее эффективно использованы в телекоммуникационных компаниях.

Многие специалисты относятся к SaaS-сервисам с недоверием, некоторые — с интересом, но так или иначе SaaS-решения находят все более широкое применение с каждым годом. SaaS (Software as a Service) — это модель предоставления программного обеспечения, при которой приложения и данные размещаются на удаленных серверах, а пользователи получают доступ к ним через сеть Интернет. Вместо того, чтобы устанавливать и настраивать программное обеспечение на своих компьютерах, пользователи могут использовать программу онлайн через браузер или приложение [1].

В большинстве своем современные технологии, в том числе SaaS, первыми внедряются в ИТ-отрасль. Преимущественно — в компаниях, которые повторяют западную модель развития.

Основные преимущества облачных решений состоят в следующем [2]:

1. Нет необходимости в дополнительном серверном оборудовании и администрировании;
2. Не требуется покупка программного обеспечения и лицензий;
3. Реализуется автоматическое масштабирование ресурсов;
4. Экономия и прозрачная ценовая политика;
5. Возможность в любое время изменять количество лицензий, состав функционала и ресурсов.
6. Снижение затрат на обновление и поддержку, которые осуществляются сервис-провайдером и включены в стоимость услуги.
7. Высокая надежность и безопасность.

Алгоритм обработки запроса в основных компонентах SaaS представлен на рисунке 1. Серверные приложения располагаются в надежных дата-центрах, которые оборудованы резервным электропитанием и системами резервного копирования [3].

Вопреки распространенному мнению, данные в облаке имеют более высокий уровень защиты по сравнению с локальным хранилищем.



Рис. 1. Алгоритм обработки запроса в основных компонентах SaaS

Использование SaaS в корпоративных информационных системах компании

Несмотря на то, что при построении частных облачных решений теряются некоторые описанные выше достоинства SaaS, они остаются актуальными [4, 5]. Можно выделить ряд преимуществ, некоторые из них мы рассмотрим отдельно:

- Отсутствие необходимости настройки и администрирования программного обеспечения (ПО) для каждой рабочей станции.
- Сокращение числа точек отказа.
- Консолидация вычислительных мощностей в ЦОД компании.
- Кроссплатформенность большинства решений.
- Безопасность данных.

Объединяя эти и многие другие преимущества использования облачных решений, мы получаем возможность использовать программное обеспечение в виде готового к работе сервиса, что позволяет быстро и просто масштабировать его использование среди пользователей и обеспечивать ему режим «включил и работай» практически на любом оборудовании без какой-либо дополнительной подготовки. Все это позволяет использовать сервисы в любом месте при наличии сетевой доступности к серверам, что очень удобно для компаний

с разветвленной структурой офисов и филиалов, а также для компаний, имеющих представительства в разных странах.

Безопасность данных в SaaS-решениях

Информационная безопасность в современном мире играет ключевую роль и является одним из наиболее актуальных направлений в ИТ. Федеральный закон от 27.07.2006 г. № 152-ФЗ регулирует отношения, связанные с обработкой персональных данных. Закон определяет:

- 1) сферу действия;
- 2) основные понятия;
- 3) принципы и условия обработки персональных данных;
- 4) конфиденциальность персональных данных;
- 5) общедоступные источники персональных данных;
- 6) согласие субъекта персональных данных на обработку его персональных данных;
- 7) специальные категории персональных данных;
- 8) биометрические персональные данные;
- 9) трансграничную передачу персональных данных;
- 10) особенности обработки персональных данных в государственных или муниципальных информационных системах персональных данных. Также закон устанавливает права субъекта персональных данных на доступ к его персональным данным.

В России, с учетом внесенных поправок в ФЗ №152, редкая дискуссия в сфере Информационных технологий проходит без обсуждения решений, связанных с законом «О защите персональных данных». Вопрос размещения и обработки таких данных стоит особенно остро во многих ИТ-компаниях. Какое место занимают облачные решения в этом сложном контексте? Беря во внимание основополагающие принципы обеспечения информационной безопасности, а именно: конфиденциальность, доступность, целостность, можно выявить несомненные достоинства SaaS-решений. Во-первых, это — конфиденциальность. Иными словами, при использовании облачных технологий данные централизованно размещаются на серверах приложений, что в значительной мере уменьшает возможности утечки информации за счет сокращения, по сравнению с размещенным на пользовательских машинах, количества оборудования, которое может быть подвержено взлому или неправильному использованию [6].

Во-вторых, это — доступность. Именно централизованное размещение данных позволяет производить резервирование как серверного оборудования, применяя High-Availability (в переводе с англ.яз. высокая доступность) решения, HA cluster (High-Availability cluster

в переводе с англ. яз. кластер высокой доступности), так и резервирование сети и электропитания на большинстве единиц серверного оборудования в современной ИТ-инфраструктуре.

В-третьих, это — целостность. В отличие от пользовательских машин, системы хранения в серверной инфраструктуре имеют высокие показатели надежности и производительности, а также позволяют облегчить и централизовать резервирование данных на случай их повреждения.

Многие преимущества доступны и при использовании в качестве провайдера SaaS-решений сторонних компаний, но гарантированную информационную безопасность могут обеспечить только приватные облачные решения.

Альтернатива решениям SaaS

Альтернативой решениям SaaS являются «коробочные решения», которые давно присутствуют на рынке и зарекомендовали себя с хорошей стороны. В последние годы они стали более функциональными, но их развертывание и эксплуатация требуют значительных усилий. Администрирование и управление такими приложениями нуждаются в высококвалифицированном персонале по множеству направлений, и зачастую единственным способом быстрого внедрения становится привлечение поставщика решения в качестве исполнителя. Для малых и средних предприятий, где автоматизации подвергаются в основном только ключевые бизнес-процессы (в сфере телекоммуникаций это, в первую очередь, бухгалтерия, биллинг и обработка запросов от клиентов), покупка дополнительных «коробочных» продуктов, таких как ERP и CRM, оказывается невозможной из-за их высокой стоимости. Поэтому компании вынуждены либо вручную управлять указанными процессами, либо разрабатывать собственное программное обеспечение.

1. Облачные платформы IaaS (Infrastructure as a Service) — предоставляют виртуализированную инфраструктуру, такую как серверы, хранилища и сети, позволяющую пользователям управлять своей ИТ-средой по мере необходимости.
2. PaaS (Platform as a Service) — предлагает платформу для разработки, запуска и управления приложениями, избавляя от необходимости управлять серверной инфраструктурой.
3. Доступные на месте лицензированные решения — традиционное программное обеспечение, установленное на локальных серверах с лицензиями, которые необходимо покупать и обновлять.
4. Гибридные решения — сочетание облачных и локальных систем, позволяющее организациям использовать преимущества обоих подходов.

5. Open Source решения — бесплатные и открытые программные продукты, которые можно адаптировать и модифицировать под конкретные нужды компании.
6. Подписочные модели — альтернативные формы использования ПО, позволяющие получить доступ к функционалу за фиксированную плату без необходимости полной покупки.

Каждое из этих решений имеет свои преимущества и подходит для различных бизнес-задач, в зависимости от потребностей и ресурсов организаций.

Перспективы SaaS-решений в сфере телекоммуникаций

Основной спецификой рынка телекоммуникаций в настоящее время является объединение телекоммуникационных компаний за счет поглощения и растущая конкуренция. Любая консолидация и унификация связана с деградированием качества предоставляемых услуг на этапе внедрения. Из-за большого объема различного оборудования и широкого спектра программного обеспечения этап внедрения может затянуться на длительное время в условиях жесткой конкуренции, обусловленной стремлением абонента удовлетворить свои потребности в получении услуг высокого качества. Крайне часто конкурентное преимущество, благодаря которому абонент принимает решение о подключении к тому или иному провайдеру, формируется в кратчайшие сроки, и перебои в предоставлении услуг либо деградирование их качества являются неприемлемыми. Применение облачных технологий позволяют в значительной мере сократить время на внедрение некоторых сервисов. Повышение качества обслуживания абонентов будет зависеть не в последнюю очередь от автоматизации бизнес-процессов, которые направлены на управление взаимодействием с абонентом и оборудованием, предоставляющим сервис. Для малых и средних организаций использование SaaS по подписке значительно сокращает единовременное расходование средств на автоматизацию, что позволяет автоматизировать больше сервисов, и в свою очередь, повышает качество обслуживания [7]. В непрерывной конкурентной борьбе малый и средний провайдеры должны обладать теми же технологическими средствами, что и крупный провайдер, которые бы в полной мере удовлетворяли требованиям рынка и были бы доступны по цене.

В частности, SaaS-решение может предоставлять операторам связи инструмент для автоматического формирования персонализированных тарифов на основе анализа поведения пользователей [8]. К примеру, если пользователь часто звонит за границу, система предложит ему специальный тариф с выгодными условиями международных звонков. Такая методика состоит из нескольких этапов:

1. Сбор и обработка данных. Источниками являются звонки, использование интернета, SMS, MMS, тарифы, платежные и демографические данные. Обработка данных — это очистка от шума, анонимизация данных для соблюдения GDPR и других нормативов.
2. Анализ данных и сегментация, в ходе которого происходит группировка пользователей на основе результатов анализа их поведения.
3. Этап разработки SaaS-решения: определение функций, интеграция с платформами.
4. Внедрение машинного обучения и AI: прогнозная аналитика, рекомендательные системы оптимизации.
5. Тестирование и валидация: A/B тестирование, обратная связь от пользователей, корректировка моделей.
6. Внедрение и масштабирование: поэтапное внедрение, мониторинг и поддержка.
7. Обеспечение безопасности и соблюдение нормативов: защита данных (шифрование и безопасные протоколы данных), соблюдение нормативов GDPR, CCPA и другие регуляции по защите персональных данных.

Такая методика позволяет создавать гибкие и адаптивные SaaS-решения, которые повышают удовлетво-

ренность клиентов и увеличивают прибыль операторов связи.

Заключение

Переход от устоявшейся ИТ-инфраструктуры к принципам SaaS представляет собой серьезную задачу и часто требует значительных затрат для крупных компаний. Меньшие проекты гораздо охотнее применяют SaaS-решения. В связи с укоренившимся менталитетом топ-менеджеров и акционеров, которые не хотят терять контроль над элементами информационной инфраструктуры, развитие рынка SaaS затрудняется. Однако нехватка кадров в ИТ-отрасли служит некоторой компенсацией в этой ситуации.

В заключение необходимо отметить, что собрать высококвалифицированную команду ИТ-специалистов внутри телекоммуникационной компании может быть более сложной задачей, чем найти надежного партнера, предлагающего необходимые услуги по аутсорсингу [9, 10]. Несмотря на все сомнения и сложности, связанные с переходом к облачным решениям, рынок SaaS-решений продолжает развиваться. Использование SaaS позволит провайдерам улучшить свои позиции в конкурентной борьбе благодаря скорости внедрения решений, особенно в условиях неопределенности для крупных телекоммуникационных компаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурьянов А.И., Гурьянова Э.А. Российский рынок SAAS: тенденции и перспективы // Казанский экономический вестник, 2021, С. 69–73
2. Гурьянова Э.А., Гурьянов А.И. Анализ и перспективы рынка SAAS в Российской Федерации // Вестник экономики, права и социологии. 2022. № 1. С. 182–185
3. Воронин В.А., Ромашкова О.Н. Сравнительная оценка производительности облачной и традиционной баз данных по критерию времени отклика // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 10–2. С. 38–43.
4. Королева А.Ш. Интеллектуальная система машинного обучения для анализа поведенческого профиля пользователя телекоммуникационной сети // В сборнике: Цифровое будущее: социальные и экономические проблемы, вызовы и возможности. Сборник статей Круглого стола. Москва, 2024. С. 194–198.
5. Королева А.Ш. Основы машинного обучения и его применение в телекоммуникационной сети // В сборнике: Цифровое будущее: социальные и экономические проблемы, вызовы и возможности. Сборник статей Круглого стола. Москва, 2024. С. 190–194.
6. Ромашкова О.Н., Каптерев А.И. Анализ угроз и рисков информационной безопасности в вузе // Вестник МГПУ. Серия: Информатика и информатизация образования. 2023. № 1 (63). С. 37–47.
7. Смелов О.А. SAAS Решения для автоматизации службы клиентской поддержки // Интернаука. 2021. № 34 (210). С. 6–8
8. Михеева Е.О., Ромашкова О.Н. Гибкие методы и алгоритмы управления инновационными проектами для предприятий информатизации // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2022. № 10. С. 63–70.
9. Ромашкова О.Н., Маликова О.Н. Проблемы моделирования бизнес-процессов телекоммуникационных компаний железнодорожного транспорта // Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт. 2011. Т. 5. № 12. С. 91–93.
10. Шульц О.А., Левина Т.А. Исследование SAAS-инструментов с целью оптимизации рабочих процессов в ИТ-компаниях // В сборнике: СМИС-2024. Технологии управления качеством. Материалы Международной научно-технической конференции. Москва, 2024. С. 360–366

© Королева Аида Шаршенбековна (korolevaas574@mgpu.ru); Ромашкова Оксана Николаевна (ox-rom@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОБНАРУЖЕНИЕ АКТОВ ИНТЕРНЕТ-АГРЕССИИ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

Крепак Иван

аспирант, Финансовый университет
при Правительстве РФ, г. Москва
krepak.2311@yandex.ru

INTERNET AGGRESSION ACTS DETECTION IN SOCIAL NETWORKS USING DATA MINING ALGORITHMS

I. Krepak

Summary. IT development, in addition to an enormous benefit to humanity in solving every day and entertainment problems, has brought many unsolved problems due to their incorrect use. Most of these challenges are beyond the law and are cybercrimes. One of the types of cybercrime, which is currently one of the most active, is Internet bullying. Acts of cyberbullying have undergone many changes and now not only children, but also teenagers and adults become victims of Internet aggression. Social networks are both mass media and platforms where computer aggression often occurs and is almost uncontrolled (difficult to suppress). This article is devoted to the analysis of the frequency of background acts of Internet bullying in the network segment of the CIS. Collection and processing of the results took place in several stages, such as the formation of a knowledge base, preliminary processing, statistical analysis of the importance of keywords in the context of text files, data verification, and their classification. The results showed a high prevalence of the problem and a high frequency of background acts of computer aggression.

Keywords: internet crime, cyberbullying, automation, social network, telecommunications, data mining, machine learning, API, database, web page.

Аннотация. Развитие информационных технологий кроме колоссальной пользы человечеству в решении бытовых и развлекательных задач ввиду их некорректного применения принесли большое количество до сих пор нерешённых проблем. Большинство таких вызовов находятся за гранью закона и являются киберпреступлениями. Одним из видов киберпреступности, который в настоящее время одним из самых активных, является Интернет травля. Акты кибербуллинга перетерпели большое количество изменений и теперь жертвами Интернет агрессией становятся не только дети, но и подростки с взрослыми. Социальные сети — это одновременно средства массовой информации и платформы, где компьютерная агрессия часто происходит и почти не контролируется (сложно подавить). Данная статья посвящена анализу частоте фоновых актов Интернет травли в сетевом сегменте СНГ. Сбор и обработка результатов происходили в несколько этапов, такие как формирование базы знаний, предварительная обработка, статистический анализ важности ключевых слов в контексте текстовых файлов, проверка данных и их классификация. Результаты показали большую распространённость проблемы и большую частоту фоновых актов компьютерной агрессии.

Ключевые слова: интернет-преступность, интернет-травля, автоматизация, социальная сеть, телекоммуникации, интеллектуальный анализ данных, машинное обучение, API, база данных, веб-страница.

Введение

Интернет травля — один из основных видов киберпреступности, не требующих высокой ИТ квалификации или фундаментальных технических знаний. Кибербуллинг представляет собой последовательность злонамеренных действий агрессора с помощью информационных технологий, направленных на дестабилизацию психоэмоционального состояния жертвы. Манипуляции производятся через электронную почту, телефонные звонки, СМС, онлайн чаты, социальные сети, форумы и другие электронные каналы связи. В данной работе рассматривается Интернет агрессия, возникающая в социальных сетях. В качестве основного способа анализа контента и текста применяется наивный байесовский классификатор. Он очень доступен в реализации, относительно прост в эксплуатации, имеет

высокую скорость обучения и дальнейшей целенаправленной классификации. Кроме этого, Интернет-травля — определяется как систематическое применение цифровых устройств с выходом в Интернет для запугивания жертвы через отправку сообщений, публикацию компрометирующих постов или другие аналогичные акты. Обычно, акты Интернет агрессии осуществляются через электронные письма, социальные сети и сервисы обмена быстрыми сообщениями.

Накопление данных

Накопление данных — это применение совокупности алгоритмов для определения закономерностей из заранее подготовленных данных для формирования знаний, которые в дальнейшем будут применяться в процессах принятия решений [1, с. 1]. Накопление данных включа-

ет в себя формирования, корреляций в криминалистических данных, обнаружение, сортировку дампа данных в группы по признаку сходства, обнаружение группы скрытых фактов и определение закономерностей информации, которая может привести к полезным предсказаниям (прогнозирование).

Процесс дата майнинга

Отбор данных из оперативной базы данных выполняется сразу после получения первого набора информации [2, с. 70]. Результаты отбора записываются в отдельный файл. Происходит более детальная очистка — удаляются дубликаты и противоречивые записи. Автоматически справляются грамматические ошибки и опечатки. Следующим этапом происходит кодирование. Это процесс преобразования информации в единый формат. Затем, происходит главный шаг — поиск закономерностей и выделяющейся информации. После завершения данного события формируется отчёт, в котором отражены главные тенденции, исключения, основные особенности и выделяются автоматически сгенерированные гипотезы.

API социальных сетей

API позволяет извлекать данные из профилей социальных сетей в стандартизированном виде, например — JSON [9, с. 87]. «ВКонтакте» позволяет настраивать и использовать свой API для работы с учётными записями, рекламными кампаниями, мини приложениями, базой данных учебных заведений, документами, списком друзей, групп, поиском объекта в списке «Мне нравится», сообщениями, заметками, статусами и статистике по странице (пользователь и группа). Связь между API и разделами в социальной сети происходит через протокол HTTP [3, с. 124]. При правильной настройке и дальнейших манипуляциях, ответы API запросов в дальнейшем можно будет сохранять в форматах JSON и XML [4, с. 147]. API других социальных сетей работают почти этим же принципам. Больше всего из общедоступных API возможностей социальных сетей нас интересуют — индексация публикаций, поиск постов по временному фильтру и ограничение по количеству возвращаемых публикаций.

Сбор текстовых данных

В попытке извлечь полезную информацию, операторы интеллектуального анализа текста обычно применяются для команд системного анализа объемов данных в виде текста (на естественном языке), обнаружения шаблонов использования и определения лингвистической лексики. Процесс текстового интеллектуального анализа проходит в несколько этапов, где каждый из которых это полноценный, комплексный процесс. На вход подаются данные, которые имеют следующие характеристики: большой размер базы данных, высокая размерность

слов, имеет зависимость (одна фраза зависит от другой), публикации неоднозначны, может содержаться шум (аббревиатуры, сокращения слов, термины и орфографические ошибки) [5, с. 94].

Извлечение информации из набора текстовых документов, таких как веб-страницы и API-ответы требует нескольких взаимосвязанных процессов — методы извлечения, фильтрации и распределения весов (коэффициентов). Результаты взвешивания данных обрабатываются с помощью методов интеллектуального анализа. Далее, применяется наивный байесовский классификатор. Это алгоритм, который выполняет обработку числовых данных с использованием байесовской вероятности. Такая классификация статистических данных способа относительно точно предсказать направления вектора и даже верные веса [6, с. 40].

Алгоритм работает по следующему принципу. На ввод подаётся частота целевых и противоположных фильтров. Рассчитывается вероятность возникновения обоих. Применяется условие, после которого происходит классификация обоих по заданному признаку. Для того, чтобы каждый фильтр получил вес, необходимо, чтобы он прошёл через алгоритмы отбора с обучающим набором. В нём будут признаки необходимого фильтра, его прямые и косвенные признаки.

Наивный байесовский метод проходит обучение постепенно и хорошо работает с репрезентативной статистикой. Но у него есть большой недостаток — это размер результирующего признака, который занимает много памяти. Здесь появляется задача на оптимизацию, которая решается через метод минимизации размера вектора. Наивный байесовский алгоритм в контексте задачи определения подверженности цели Интернет травли работает следующим образом.

Первым шагом задаётся n -мерный вектор, в котором есть совокупность значений «X», «X» в свою очередь равен совокупности значений от «x1» до «xn». Далее, задаётся вектор «m», в который записываются категории (фильтры) «A». То есть, от «A1» до «Am». «Am» формирует набор категорий «C». Когда появляется неизвестная категория, то классификатор определяет апостериорной вероятностью на основе условия элемента «x».

Соответственно, наивный байесовский классификатор сформирует отдельную группу признаков «C(x+1)». Следующие признаки, которые не похожи на все предыдущие будут иметь аналогичный инкрементирующий коэффициент. Таким образом, совокупность («C1» | «X») $\times$ P («Cj» | «X») при условии, что длина меньше или равна коэффициентам «i» и «j», но «i» и «j» между собой не равны. Следующей задачей становится формирование зависимости фильтров, выполнение которой выглядит следующим образом:

$$P(C1|X) = \frac{(P(X|C1) * P(C1))}{P(X)}$$

«Рх» станет константой всех категорий, а «P(X|C1)» надо будет максимизировать. Априорные вероятности вычисляются через расчёт «P(Ci)», где P(Ci) — это результат деления «Si» на «S». «Si» — количество обучающих данных категории «Ci», а «S» — общий инпут. Следующая задача — сокращение времени «P(X|Ci)», которое будет потрачено на вычисления. «X» будет рассматриваться как переменное значение атрибута. Данная задача решается с помощью следующей формулы.

$$P(X|Ci) = n(k = 1)P(1^k | Ci)$$

Метод исследования

Данное исследование состоит из нескольких этапов. Сначала происходит сбор данных журнала из социальной сети, предварительная обработка (очистка) информации, которая была получена в результате структурированного сканирования [7, с. 49]. Затем, распределение данных с применением байесовской классификации и машинного обучения. Если подробно, то данная процедура состоит из шести этапов: сбор данных, предобработка, оценка важности весов в контексте документа, валидация информации, классификация и сбор результатов.

Манипуляции с данными

Собрано 1 367 записей, после предварительной обработки это количество сократилось до 472. Процесс выглядел следующим образом. Выполняется вход в учётную запись социальной сети, запрашивается токен для манипуляций с API и выполняется логический поиск. Фильтрация происходит благодаря применению ключевых слов, после чего результаты агрегируются в JSON-файл [8, с. 96].

JSON-файл конвертируется в CSV-таблицу, в нём будут проходить предварительная обработка и очистка от избыточных данных (первый этап — вручную, второй — с применением машинного обучения). Отдельно обрабатываются дубликаты идентификаторов, удаляются специальные символы ссылок и запросов, теги, хеш-значения, изображения и токены. Создаётся словарь, где указываются фильтры, к ним применяются весовые коэффициенты и исключения.

Предобработка — это комплексный процесс, во время которого происходит 9 последовательных автоматических манипуляций: импорт данных, удаление повторяющихся идентификаторов и специальных символов, токенизация, формирование словаря, стемминг, сохранение базы данных, преобразование в формат «ARFF», предпроцессинг через алгоритмы машинного обучения

и классификация. «ARFF» формат нужен для того, чтобы осуществить «WEKA»-обработку.

Валидация данных происходит с помощью десятикратной перекрёстной проверки, которая возможна благодаря машинному обучению. Классификация происходит в 6 шагов — импорт результатов предобработки, проставление новых весовых коэффициентов, индексация, классификация через условие, определение флага и вывод. На инпут подаются данные, прошедшие предварительную предобработку. Следующий ручной ввод — обучающий набор информации. Происходит «TF-IDF»-взвешивание и 10-кратная перекрёстная проверка, классификация с применением наивного байесовского критерия. После чего запускаются алгоритмы сравнения агрегированного набора данных с автоматически модифицированным словарём.

Результат

Объём рассматриваемого датабанка — 472 публикации. Данные разделены на 2 части: первая половина — для обучения, вторая — для тестирования. Первая половина постов необходима для точечной минимизации ложноположительных срабатываний. Чем чаще они встречаются, тем больше времени разработчику ПО или оператору ЭВМ придётся проводить времени занимаясь ручным анализом событий. После первого запуска прикладного программного обеспечения и детального анализа флагов, 21.48 % событий оказалось ложнопозитивными. Далее, происходило редактирование фильтров и настройка флагов. После повторного запуска на обоих наборах данных, частота ложных реагирований снизилась до 4.56 %, что почти в 5 раз эффективнее первой итерации.

Заключение

Обнаружение актов Интернет травли как исследовательский ИТ-процесс состоит из трёх основных шагов и относительно легко осуществляется. На первом этапе необходимо создать учётную запись [10, с. 125], зайти в неё, зарегистрироваться в API-меню, получить токен, затем, изучить документацию API, сформировать JSON-файл и применить его к проекту. На втором этапе производится предварительный анализ, аналитика результатов и манипуляции машинного обучения, после чего получается структурированный аутпут. Третий шаг — «WEKA»-алгоритмы, «TF-IDF»-взвешивание, 10-кратная перекрёстная проверка и классификация. В результате выполнения данных этапов, оператор ЭВМ узнает, насколько сильно Интернет агрессия имеет место быть в социальной сети. Дальнейшие исследования по этой проблеме могут быть связаны с более детальным анализом Интернет травли в других социальных сетях, масштабированием онлайн сегмента и применением более специализированных алгоритмов интеллектуальной обработки данных, например, «C45», «K-Menas» и «SVM».

ЛИТЕРАТУРА

1. Черкасов Д.Ю., Иванов В.В. Машинное обучение. // Наука, техника и образование. 2018. № 1. С. 1–3.
2. Мухамаднева К.Б. Машинное обучение в совершенствовании образовательной среды. // Образование и проблемы развития общества. 2020. № 4. С 70–77.
3. Ахромов Я. Разработка интерфейсов к Интернет-приложениям на основе технологии API. // Новые информационные технологии в автоматизированных информационных системах. 2007. № 1. С. 124–126.
4. Широбокова С.Н., Стрельцова Е.А. Сравнительный анализ возможностей API социальных сетей по критерию функциональной полноты. // Инновационная наука. 2016. № 1. С. 147–151.
5. Арсеньева Н.В., Скрипин А.А., Скрипина И.И. Data mining: методы, этапы, применение и значение в современном мире. // Форум молодых учёных. 2024. № 6. С. 94–101.
6. Баранчиков А.И., Федосова Е.Б. Применение методов data mining для анализа и выявления закономерностей в реляционных базах данных. // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2023. № 1. С. 40–45.
7. Сикulier Д.В. Поиск данных для апробации интеллектуальных алгоритмов и технологий. // Символ науки. 2022. № 4. С. 49–55.
8. Исрар Т.Б. Искусственный интеллект в решении актуальных социальных и экономических проблем XXI века. // Наука и реальность. 2023. № 4. С. 96–102.
9. Кускарова О.И. Социальные сети как новая форма коммуникации: добро или зло. // Архонт. 2022. № 5. С. 87–92.
10. Селезнёв Р.С., Скрипак Е.И. Социальные сети как феномен информационного общества и специфика социальных связей в их среде. // СибСкрипт. 2013. № 2. С. 125–131.

© Крепак Иван (krepak.2311@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИНТЕРАКТИВНЫЕ ИТ-РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ВОВЛЕЧЕННОСТИ ПОСЕТИТЕЛЕЙ ЗООПАРКОВ

INTERACTIVE IT SOLUTIONS FOR ENHANCING VISITOR ENGAGEMENT IN ZOOS

**K. Magankov
N. Ryabtsev
O. Yurkova**

Summary. The article presents a study of tools aimed at enhancing zoo visitor engagement using interactive IT technologies. It proposes a prototype of a web application featuring an interactive map with gamification elements, enabling visitors to earn virtual currency by completing educational tasks, which can be exchanged for souvenirs and zoo services. The integration of augmented reality (AR) technologies is explored to create immersive and educational experiences, such as virtual animal models and guided tours. The study also highlights personalized route planning and the use of Retrieval Augmented Generation (RAG) technology for virtual guides providing accurate information. The research underscores the significance of these technologies in boosting engagement, education, and visitor convenience, thereby improving satisfaction and enhancing the zoo's competitiveness.

Keywords: zoo, interactive technologies, AR, RAG.

Маганков Кирилл Сергеевич

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет»

Рябцев Николай Павлович

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет»

lolofmeister@yandex.ru

Юркова Ольга Николаевна

Кандидат экономических наук, доцент, ФГБОУ
ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет»

Аннотация. В статье представлен процесс изучения инструментов повышения вовлеченности посетителей зоопарка через использование интерактивных ИТ-технологий. Предлагается прототип веб-приложения с интерактивной картой, включающей элементы геймификации, где посетители зарабатывают виртуальную валюту, выполняя образовательные задачи, которую можно обменять на сувениры и услуги зоопарка. Рассматривается интеграция технологий дополненной реальности (AR) для создания иммерсивных и образовательных опытов, таких как виртуальные модели животных и экскурсии. Упоминается персонализированное маршрутизирование и технология Retrieval Augmented Generation (RAG) для виртуальных гидов, обеспечивающих точную информацию. Исследование подчеркивает важность данных технологий для повышения вовлеченности, образования и удобства посещения, тем самым улучшая удовлетворенность посетителей и конкурентоспособность зоопарка.

Ключевые слова: зоопарк, интерактивные технологии, AR, RAG.

В условиях стремительного развития технологий и их проникновения во все сферы человеческой жизни, зоопарки, как популярные места отдыха и образования, вынуждены адаптироваться к новым реалиям. Современные посетители, особенно молодежь, ожидают от посещения зоопарка не только традиционного знакомства с животным миром, но и интерактивного, технологичного опыта.

В настоящее время сайты зоопарков предоставляют базовую информацию о месте, условиях посещения и способах оплаты. Однако, интерактивные решения, способные значительно обогатить и разнообразить визит, остаются в дефиците.

Актуальность данной работы заключается в разработке и внедрении интерактивных ИТ-решений, направленных на повышение интереса и вовлеченности посетителей, а также на укрепление конкурентоспособности зоопарка в условиях растущей конкуренции за внимание аудитории.

В работе рассмотрим прототип web-приложения, включающего интерактивную карту зоопарка с возможностью взаимодействия с объектами на ней. Такое приложение позволит посетителям получать игровую валюту за выполнение заданий, которую можно будет обменивать на сувениры и услуги зоопарка.

Результаты данной работы могут быть использованы зоопарками для создания более привлекательного и современного образа, а также для повышения эффективности их работы, путем повышения вовлеченности посетителей.

Основным инструментом визуализации прототипов интерактивных решений данной работы будет выступать web-сайт, обладающий функционалом, направленным на повышение вовлеченности и образовательной ценности посещения. Сам прототип включает в себя интерактивную карту с элементами геймификации — а именно системой достижений, таким образом, после изучения образовательного материала на платформе — поль-

зователю предлагается пройти тест, наградой за прохождение которого выступает виртуальная валюта.

Эта валюта может быть потрачена на покупку сувениров, корма для животных или других товаров в магазине зоопарка. Такой подход не только делает визит более увлекательным, но и стимулирует посетителей к активному взаимодействию с контентом и получению новых знаний.

Итак, интерактивная карта зоопарка станет ключевым элементом прототипа, выступает в качестве основного интерактивного кейса, обеспечивающего удобную навигацию и ориентацию для посетителей. Карта будет не только визуально отображать расположение вольеров и объектов зоопарка, но и включать интерактивные элементы, такие как подсказки, видеоматериалы и дополнительная информация о животных и их образе жизни.

Также возможность покупки электронного билета и различных товаров (корма, атрибутики, сувениров) на веб-платформе значительно упростит и ускорит процесс посещения зоопарка. Пользователи смогут заранее приобрести билеты, выбрать и оплатить товары, что сэкономит время и обеспечит более комфортное посещение.

В рамках реализации прототипа данного проекта будет использоваться PythonDjango — мощный и гибкий фреймворк для разработки веб-приложений. Его преимущества включают высокую производительность, масштабируемость и обширную экосистему библиотек и инструментов. В качестве базы данных будет использоваться PostgreSQL — надежная и функциональная система управления базами данных, обеспечивающая высокую производительность и безопасность хранения данных.

Важно учесть, что акцент данной работы ведется не на рассмотрение процесса разработки, а на процессе рассмотрения различных кейсов интерактивных решений и подходов их работы / внедрения, в связи с чем, описание процесса и хода разработки — отсутствует.

Отправной точкой в ходе разработки прототипа — является анализ предметной области и определения ключевых интерактивных кейсов. После чего для проверки концепции был разработан прототип web-сайта зоопарка, демонстрирующий основные функциональные возможности и интерактивные элементы.

Одним из центральных элементов разработанного прототипа, как было отмечено выше — является интерактивная карта зоопарка.

Также после просмотра видео пользователю предлагается пройти тестирование для закрепления полученных / уже имеющихся знаний, а в качестве средств



Рис. 1. Прототип интерактивной карты зоопарка



Рис. 2. Прототип интерактивной карты зоопарка. Просмотр информации о вольере

мотивации для прохождения тестирования — является вознаграждение в виде электронной валюты зоопарка.

Как было отмечено выше — на приобретенную электронную валюту пользователи могут приобрести определенные товары.

Таким образом, интерактивная карта зоопарка с элементами геймификации не только обеспечивает удобную

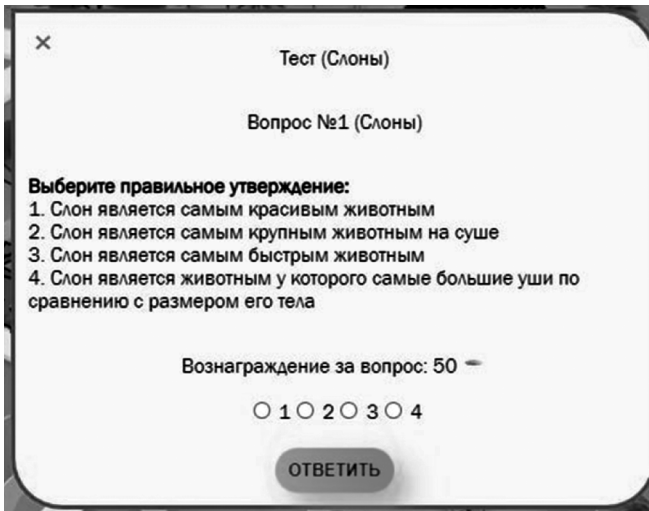


Рис. 3. Прототип геймификации. Система тестирования



Рис. 4. Карточка товара

навигацию и ориентацию, но и предлагает мотивирующий подход к изучению информации о животных. Такой подход не только повышает вовлеченность посетителей, но и стимулирует их к активному взаимодействию с контентом и получению новых знаний.

Помимо интерактивной карты, интеграция технологий дополненной реальности (AR) открывает новые возможности для повышения вовлеченности и образовательной ценности посещения зоопарка. AR-технологии позволяют создать более интерактивный и захватывающий опыт, предоставляя посетителям возможность взаимодействовать с виртуальными объектами и получать дополнительную информацию о животных и зоопарке прямо на месте.

Если животное в вольере находится в домике и его не видно, посетитель может навести камеру своего мобильного устройства на QR-код, размещенный рядом с вольером. В результате, на экране устройства появится виртуальная модель животного, которая будет оживляться, показывая различные анимации и повадки. Такой подход позволяет посетителям увидеть животных, которые в данный момент не активны, и получить дополнительную информацию о них.

Аналогично AR-технологии могут быть использованы для создания интерактивных экскурсий, где гид представлен в виде виртуального аватара, который сопровождает посетителей по территории зоопарка, рассказывая интересные факты о животных и их образе жизни. Виртуальный гид может взаимодействовать с окружающей средой, показывая дополнительную информацию и анимации на экране устройства посетителя.

Также AR-технологии могут быть использованы для создания обучающих интерактивных выставок, где посетители могут узнать о различных аспектах жизни животных, таких как их питание, размножение, защита и т.д.



Рис. 5. Корзина

Виртуальные модели животных и интерактивные элементы позволяют сделать процесс обучения более наглядным и увлекательным.

Кроме того, AR-технологии могут быть интегрированы с социальными сетями, позволяя посетителям делиться своими впечатлениями и фотографиями с виртуальными животными в режиме реального времени. Это способствует повышению узнаваемости зоопарка и привлечению новых посетителей.

Интеграция AR-технологий в зоопарке предлагает ряд преимуществ, которые способствуют повышению вовлеченности посетителей и образовательной ценности посещения:

Резюмируя, стоит отметить, что интерактивные элементы и виртуальные объекты, созданные с помощью AR-технологий, повышают вовлеченность посетителей, стимулируя их к активному взаимодействию с контентом и получению новых знаний.

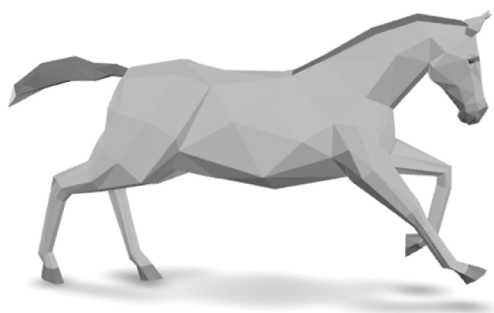


Рис. 6. Прототип AR-модели

Говоря о том, как проложить маршрут, можно сказать, что обычные карты и указатели хороши, но они не могут сделать маршрут таким, какой хочет человек. А вот система, которая учитывает предпочтения пользователя, — это новый уровень удобства.

Как это работает? Посетитель выбирает, какие животные ему нравятся, сколько времени он хочет провести в зоопарке, есть ли там детские площадки и рестораны. Потом система смотрит, где находятся эти животные и другие интересные места. Она выбирает лучший маршрут и показывает его на карте. На карте отмечены все нужные места.

Другой механизм, описанный выше — это индивидуальный гид, обученный на базе зоопарка с использованием RAG.

RAG — это новая технология, которая помогает компьютерам лучше понимать и отвечать на вопросы. Она использует информацию из баз данных, чтобы делать ответы более точными и полезными.

Как это поможет посетителю? Экскурсовод будет подготовлен на основе информации, предоставленной зоопарком. Это позволит ему дать исчерпывающие ответы на любые вопросы, например, о питании конкретных видов животных или об истории зоопарка.

Применение этих технологий сделает посещение зоопарка более приятным для посетителей. Они смогут узнать много нового и полезного, а также рационально использовать ресурсы и сократить время пребывания в зоопарке.

В данной работе были рассмотрены примеры интерактивных информационных технологий, которые следует внедрить в зоопарк для повышения вовлеченности посетителей. Кроме того, были предложены дополнительные меры, способствующие созданию максимального комфорта при посещении зоопарка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тузовский А.Ф. Проектирование и разработка web-приложений: учебное пособие для среднего профессионального образования / А.Ф. Тузовский. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 218 с.
2. Goyal P., Pandey S., Jain K. Deep Learning for Natural Language Processing: Creating Neural Networks with Python. — Apress, 2017.
3. Schmalstieg D., Hollerer T. Augmented Reality: Principles and Practice. — Addison-Wesley Professional, 2016.

© Маганков Кирилл Сергеевич; Рябцев Николай Павлович (lolofmeistahz@yandex.ru); Юркова Ольга Николаевна
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НОВЫЙ СИСТЕМНО-АРХИТЕКТУРНЫЙ ПОДХОД В ОБЛАСТИ СОЗДАНИЯ ДОВЕРЕННОЙ СРЕДЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ СТАЦИОНАРНЫХ И БОРТОВЫХ СУПЕРКОМПЬЮТЕРОВ

NEW SYSTEM-ARCHITECTURAL APPROACH IN THE FIELD OF CREATING A TRUSTED COMPUTING ENVIRONMENT FOR STATIONARY AND ON-BOARD SUPERCOMPUTERS

A. Molyakov

Summary. The article describes a system-architectural approach in the field of creating a trusted computing environment for stationary and on-board supercomputers, based on the methodology of managing processes by hardware hypervisors and transactional memory controllers, characterized by the construction and formalization of algorithmic solutions for monitoring request processing at all levels of the hierarchy, allowing to solve the scientific problem of supervenience (security of interconnected interface layers).

Keywords: operation timing, hardware transactional memory, secure multi-domain hypervisor, execution context.

Моляков Андрей Сергеевич

кандидат технических наук, доцент,
Российский государственный гуманитарный
университет, г. Москва
andrei_molyakov@mail.ru

Аннотация. В статье описывается системно-архитектурный подход в области создания доверенной среды вычислений стационарных и бортовых суперкомпьютеров, основанный на методологии управления процессами аппаратными гипервизорами и контроллерами транзакционной памяти, отличающийся построением и формализацией алгоритмических решений мониторинга обработки запросов на всех уровнях иерархии, позволяющий решить научную проблему супервентности (безопасности взаимосвязанных интерфейсных слоев).

Ключевые слова: тайминг операций, аппаратная транзакционная память, защищенный мультидоменный гипервизор, контекст выполнения.

Введение

Какие трудности возникают при обеспечении информационной безопасности в контексте внедрения супер-ЭВМ? Необходимо изучить, как использование суперкомпьютерных инновационных технологий повлияет на формирование географически распределенных вычислительных систем, особенно в вопросах предотвращения несанкционированного доступа.

Требования к уровню подготовки пользователей и специалистов по безопасности значительно повышаются. Это объясняется тем, что суперкомпьютеры представляют собой сложные распределенные архитектуры, работающие с глобально адресуемой памятью и обрабатывающие колоссальные массивы данных. Для эффективного взаимодействия с их специализированным программным обеспечением (ПО) требуются дополнительные знания и обучение.

Суперкомпьютерные центры все чаще взаимодействуют с государственными организациями, учитывая их стратегическую роль в национальных вычислительных системах. Обработка ими информация включает данные различного уровня конфиденциальности, что диктует необходимость усиления мер безопасности для предотвращения утечек.

Высокая производительность суперкомпьютеров усложняет обнаружение вредоносного ПО, что затрудняет выявление подозрительной активности.

1. Классы защиты стационарных и бортовых супер-ЭВМ

Основные стратегии, направленные на решение задач в области создания суперкомпьютеров, предполагают существенное повышение степени параллелизма в аппаратных решениях при одновременном снижении затрат на выполнение отдельных операций [1]. Наряду с этим активно внедряются передовые технологии передачи данных, современные подходы к трехмерной сборке электронных компонентов и др. Эти меры дополняются интеллектуальными методами повышения устойчивости систем к сбоям.

Комплексное решение проблемы безопасности заключается в разработке суперкомпьютеров, оснащенных аппаратными средствами, которые обеспечивают многоуровневую защиту данных и программного обеспечения. Необходимо определить метрики для различных конфигураций стационарных и бортовых суперкомпьютерных вычислительных систем.

Выделим три основных класса стационарных суперкомпьютерных систем:

- *Тип 1: малый промышленный кластер* — ОЗУ: 250–500 ТБ, глобально-адресуемая память: 50–100 ПБ, бисекционная пропускная способность канала: 50–100 Гб/с, используются «легкие» ядра;
- *Тип 2: средний кластер* — ОЗУ: 500 ТБ — 1 ПБ, глобально-адресуемая память: 50–100 ПБ, бисекционная пропускная способность канала: 100–250 Гб/с, применяются «средние» ядра;
- *Тип 3: стратегический класс* — ОЗУ: 50–100 ПБ, глобально-адресуемая память: 50–100 ПБ, бисекционная пропускная способность канала: 500 Гб/с — 1 Тб/с, используются «тяжелые» ядра.

Отдельно определим класс бортовых суперкомпьютеров — ОЗУ: 100–200 ТБ, глобально-адресуемая память: 1–10 ПБ, бисекционная пропускная способность канала: 10–50 Гб/с, используются «сверхлегкие» ядра. Этот класс включает два подтипа: одноплатные и многоплатные бортовые вычислительные модули.

Суперкомпьютерные системы являются критически важными для решения сложных вычислительных задач в различных областях, от климатического моделирования до геномики. Каждый из указанных типов систем имеет свои особенности и предназначения.

Малые кластеры идеально подходят для научных исследований и образовательных целей, где требуется высокая производительность при ограниченных бюджетах.

Средние кластеры предоставляют баланс между мощностью и экономией, что делает их подходящими для крупных организаций и исследовательских институтов, работающих с объемными данными. Их способность обрабатывать более сложные вычислительные задачи позволяет активно использовать эти системы в различных отраслях, включая финансы и биомедицину.

Стратегический класс суперкомпьютеров может справляться с задачами, требующими огромных вычислительных мощностей, такими как симуляции ядерных взрывов или исследование свойств новых материалов.

Бортовые суперкомпьютеры, благодаря своей компактности и энергоэффективности, находят применение в авиации и космических исследованиях, позволяя проводить сложные вычисления непосредственно на борту.

Защита суперкомпьютеров в значительной мере зависит от их классовой принадлежности.

Малые кластеры, как правило, имеют более ограниченные ресурсы и задачи, что позволяет применять менее сложные механизмы защиты. Однако даже они подвержены угрозам, и необходимо учитывать аспекты физической безопасности и управление доступом, чтобы минимизировать риски.

Средние кластеры требуют усиленной защиты, так как часто используются в научных и коммерческих исследованиях. Здесь важно внедрение многоуровневых систем безопасности, включая шифрование данных и мониторинг сети.

Стратегический класс суперкомпьютеров выполняет ключевые функции в государственных и оборонных структурах. Защита таких систем должна быть многофакторной и включать как физические меры, так и передовые технологии в области кибербезопасности. Это необходимо для обеспечения конфиденциальности и целостности данных, а также для защиты от целенаправленных атак, которые могут угрожать национальной безопасности.

По сравнению со стационарными суперкомпьютерами бортовые супер-ЭВМ обладают ограниченными ресурсами, поэтому набор режимов защиты и т.п. для них основывается на сочетании минимальных потерь производительности и достижении базового уровня безопасности.

2. Научная проблема супервентности

В сфере инженерии и производства, рассматривая разработку защищенных суперкомпьютеров, известна научная проблема супервентности: взаимодействие между изменениями в программном обеспечении и настройками аппаратного обеспечения становится ненадежным и неуправляемым, что обусловлено высокой асинхронностью и сложными связями при обработке больших массивов данных [2, 3].

Кроме того, существуют теоретические и концептуальные ограничения, связанные с действующими подходами, установленными ФСТЭК России и другими регулирующими документами. При использовании исключительно вербальных описаний возникает трудность в создании модели верификации, которая бы учитывала трассировку и временные характеристики операций на нижнем уровне иерархии команд.

Необходима интеграция различных аспектов безопасности и функционирования систем, что подразумевает более глубокое исследование и разработку подходов к анализу. Важным направлением становится разработка методов формальной верификации, которые позволят создать надежные и безопасные модели взаимодействия программного и аппаратного обеспечения. Эти принципы и подходы должны учитывать не только функциональные, но и нефункциональные аспекты, такие как безопасность, производительность и устойчивость к внешним воздействиям.

Решением является внедрение языков описания систем, которые предлагают более строгие синтакси-

ческие и семантические правила для формализации взаимодействий. Кроме того, необходимо учитывать специфику многоуровневых архитектур суперкомпьютеров, где сегменты памяти и операционной обработки могут иметь разные уровни доступа и защиты. Разработка и внедрение новых стандартов на уровне архитектуры может сыграть ключевую роль в обеспечении совместимости и безопасности.

Проектирование защищенных суперкомпьютерных систем в стационарном и бортовом исполнении систем требует взвешенного подхода, где нефункциональные требования становятся не менее важными, чем функциональные. Безопасность данных, например, требует внедрения многоуровневых механизмов защиты, которые могут обеспечить безопасное взаимодействие различных компонентов системы.

Производительность систем должна оптимизироваться с учетом архитектуры суперкомпьютеров. Это включает в себя эффективное управление памятью, чтобы уменьшить узкие места, и оптимизацию параллельной обработки для достижения максимальной производительности.

Специфика многоуровневых архитектур также подразумевает необходимость в динамическом пересмотре доступа к ресурсам, чтобы предотвратить перегрузки и обеспечить устойчивость к сбоям.

В связи с этим мы разрабатываем новый системно-архитектурный подход для создания доверенной вычислительной среды стационарных и бортовых суперкомпьютеров, который основан на методологии управления процессами с помощью аппаратных гипервизоров и контроллеров транзакционной памяти. Он уникален тем, что включает механизмы многоуровневого контроля, идентификации и верификации, обеспечивая безопасность любых преобразований и трансляций операций гипервизором при взаимодействии с аппаратными компонентами, что позволяет решить научную задачу суперверности взаимосвязанных интерфейсных уровней суперкомпьютеров.

Такой комплексный подход направлен на повышение надежности и безопасности вычислительных процессов в высокопроизводительных системах, что является ключевым аспектом в современном компьютерном проектировании и архитектуре вычислительных устройств. Все изменения и обработка операций гипервизором при работе с аппаратными ресурсами должны осуществляться в безопасном режиме.

3. Методологии управления процессами аппаратными гипервизорами и контроллерами транзакционной памяти

В качестве спецификации системы используется структура Крипке. Какой эффект появляется с точки зре-

ния научно-технологического решения? В чем выигрыш? Мы оцениваем состояния запускаемых процессов с точки зрения контроля доступа на уровне транзакционной памяти.

Операции выполняются в определенном режиме работы процессора и обращаются только к выделенным им сегментам памяти данных и программ, а не случайно перемещаются по всей оперативной памяти.

Транзакционная память гарантирует атомарность и изолированность параллельно выполняемых задач, а также привязывает сегменты данных и программ к определенному домену защиты [4]. Матрица состояний процессов распределена так по доменам защиты, что были получены наилучшие показатели стабильности и защищенности. Для каждого класса супер-ЭВМ заданы показатели защищенности и уязвимости.

Мы разрабатываем объяснительную методологию с элементами семантической, поскольку каждый маркер описывает, какое действие выполняется в системе, а проверка истинности принимаемых решений на каждой возможной интерпретации правил политик безопасности осуществляется с помощью математических выражений темпоральной логики.

Информационный смысл маркеров состоит в том, что каждую i -ю угрозу можно описать и формализовать в виде конъюнкции предикатов из восьми логических переменных.

Контекст выполнения операции — это набор кортежей, состоящий из восьми логических переменных. Набор коллекций представляет собой конъюнкцию предикатов, заданных на множестве кортежей.

Таким образом, *физический смысл контекста* — это формализованный набор тегов при работе с процессорными модулями и контроллерами аппаратной транзакционной памяти — Dom_id, s, Ord, Context_type, Context_id, TCU, TR [5].

Основная особенность суперкомпьютеров заключается в их способности эффективно обрабатывать огромные объемы данных, которые постоянно изменяются, а также справляться с интенсивными потоками входящей информации.

В связи с этим проверка корректности принимаемых решений на всех возможных интерпретациях учитывает специфику суперкомпьютеров, включая временную сложность, связанную с параллельными вычислениями, и пространственную сложность, обусловленную множеством процессорных ядер и их взаимосвязей.

В чем отличие от традиционных подходов? Благодаря применению темпоральной логики механизмы верификации становятся динамичными, учитывая временные аспекты событий. Система адаптирует наборы модальных правил для реагирования на сигнальные события.

Взаимодействие и контроль доступа отслеживаются через набор уникальных признаков — маркеров, представленных в виде кортежей логических переменных. Конфигурации системы формируют множество траекторий на структурах Крипке с использованием маркеров.

Для создания доверенной программной среды на недоверенной аппаратуре предлагается использовать верификатор команд процессора, который проверяет корректность выполнения инструкций на аппаратном уровне. Это дополняется использованием многомодульного гипервизора и контроллеров аппаратной транзакционной памяти, обеспечивающих изоляцию доменов и контроль транзакций, что особенно важно для защиты отатак, направленных на нарушение целостности данных.

Приведем несколько факторов, обеспечивающих доверительность и безопасность функционирования в недоверенной среде:

- 1) Аппаратная транзакционная память обеспечивает атомарность и изоляцию параллельных задач, связывая данные и программы с конкретными доменами защиты, включая поддержку мультидоменного режима с учетом уровней привилегий;
- 2) Мониторинг событий на всех уровнях иерархии выполнения запросов. Гипервизор транслирует операции, а верификатор команд контролирует их выполнение, предотвращая несанкционированный доступ к памяти;
- 3) Модуль верификации работает на более высоком уровне привилегий, чем ядро управляющей операционной системы и монитор виртуальных машин, обеспечивая прямое взаимодействие гипервизора с контроллерами памяти и процессорами;
- 4) Гипервизор создает изолированную среду исполнения, контролируя доступ к файловой системе, сетевым протоколам и распределению ресурсов. Изолированность гарантирует, что параллельные задачи не влияют на результаты транзакций, обеспечивая разделение адресных пространств пользователей;
- 5) Запросы связываются с тегами, которые фиксируют контекст выполнения и временные ограничения. Теги накапливают информацию о трассе запроса, а доступ контролируется через предикаты и маркеры;

- 6) Изменения в логической структуре тегов сигнализируют о подозрительной активности.

Заключение

Разработка новых теоретико-методологических и программно-технических подходов, а также принципов обеспечения защиты, учитывающих архитектурные, функциональные и другие особенности супер-ЭВМ, имеет важное значение для решения актуальной научной проблемы — проблемы суперверности, что позволяет создавать доверенную среду для выполнения вычислений в стационарных и бортовых суперкомпьютерных системах, играющих ключевую роль в развитии отрасли «Информационная безопасность» критической информационной инфраструктуры Российской Федерации. Это подчеркивает практическую значимость исследований в данной области.

Наш системно-архитектурный подход в области создания доверенной среды вычислений стационарных и бортовых суперкомпьютеров основан на использовании формальных методов анализа и синтеза безопасных конфигураций системы.

Это позволяет минимизировать риски, связанные с ошибками в параллельных вычислениях, и обеспечивает корректность работы на всех этапах выполнения задач.

В отличие от традиционных подходов, где верификация часто ограничивается статичными моделями, реализация нашей методологии базируется на динамической адаптации к изменениям в системе, что особенно важно для суперкомпьютеров с их высокой степенью изменчивости данных.

Ключевым элементом является интеграция темпоральной логики с механизмами многоуровневого контроля доступа, что позволяет отслеживать не только текущее состояние системы, но и её эволюцию во времени. Это достигается за счёт использования маркеров, которые фиксируют изменения в конфигурациях и обеспечивают прозрачность взаимодействия между компонентами гипервизора и контроллеров аппаратной транзакционной памяти. Более того, без интеграции с аппаратной транзакционной памятью и введения многоуровневого контроля невозможно было решить задачу обнаружения и идентификации разного типа киберугроз на всех уровнях иерархии выполнения запросов (команд) супер-ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Molyakov A.S. A Prototype Computer with Non-von Neumann Architecture Based on Strategic Domestic J7 Microprocessor / A.S. Molyakov // Automatic Control and Computer Sciences. — 2016. — № 50(8). — PP. 682–686.
2. Molyakov A.S. New Multilevel Architecture of Secured Supercomputers / A.S. Molyakov // Current Trends in Computer Sciences & Applications 1(3) — 2019. — Режим доступа: <https://lupinepublishers.com/computer-science-journal/special-issue/CTCSA.MS.ID.000112.pdf>, свободный.
3. Molyakov A.S. Based on reconfiguring the supercomputers runtime environment new security methods / A. Molyakov // Advances in Science, Technology and Engineering Systems. — 2020. — Vol. 5(3). — P. 291–298. — DOI 10.25046/aj050338.
4. Моляков А.С. Инновационный вариант развития защищенных супер-ЭВМ для решения важных задач фундаментальной медицины и инженерии в России / А.С. Моляков // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2022. — № 4–2. — С. 88–93. — DOI 10.37882/2223–2966.2022.04–2.26.
5. Molyakov A.S. Secured supercomputer technologies in Russia: functional computing units based on multithread-stream cores with specialized accelerators / A.S. Molyakov // Lecture Notes in Networks and Systems. — 2023. — Vol. 448. — P. 559–566. — DOI 10.1007/978-981-19-1610-6_49.

© Моляков Андрей Сергеевич (andrei_molyakov@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ И ВЕРИФИКАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМЫ ВОСПРИЯТИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ¹

METHODS FOR ASSESSING AND VERIFYING THE FUNCTIONAL SAFETY OF UNMANNED RAIL VEHICLE PERCEPTION SYSTEMS²

I. Myskiv
I. Popov
D. Zakoldaev

Summary. The article examines the impact of artificial intelligence on the safety of unmanned rail vehicle perception systems. The aim of the study is to develop methods for assessing and verifying the functional safety of unmanned rail vehicle perception systems, reducing the probability of failures, and minimizing potential safety threats. The main threats, risks, and methods for validating such systems are considered. The article analyzes the functional safety standards applied to systems with artificial intelligence and considers their limitations. The main technical and software components of the perception system are presented, as well as their role in ensuring the safety of autonomous railway transport.

Keywords: BZhTS, perception system, functional safety, artificial intelligence, validation, modeling, testing, failure.

Мыськиев Иван Иванович

Аспирант, Национальный исследовательский университет ИТМО, г. Санкт-Петербург

Myskiv.i@itmo.ru

Попов Илья Юрьевич

кандидат технических наук,

Национальный исследовательский университет ИТМО,

г. Санкт-Петербург

iupopov@itmo.ru

Заколдаев Данил Анатольевич

доцент, кандидат технических наук,

Национальный исследовательский университет ИТМО,

г. Санкт-Петербург

d.zakoldaev@itmo.ru

Аннотация. В статье исследуется влияние искусственного интеллекта на безопасность систем восприятия беспилотного железнодорожного транспорта. Целью исследования является разработка методов оценки и верификации функциональной безопасности системы восприятия беспилотных железнодорожных транспортных средств, обеспечивающих снижение вероятности отказов и минимизацию потенциальных угроз безопасности. Рассматриваются основные угрозы, риски и методы валидации таких систем. Проведен анализ стандартов функциональной безопасности, применяемых к системам с искусственным интеллектом, а также рассмотрены их ограничения. Представлены основные технические и программные компоненты системы восприятия, а также их роль в обеспечении безопасности автономного железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: БЖТС, система восприятия, функциональная безопасность, искусственный интеллект, валидация, моделирование, тестирование, отказ.

Введение

Беспилотные железнодорожные транспортные системы (БЖТС) представляют собой перспективное направление развития железнодорожного транспорта, обеспечивающее повышение безопасности, пропускной способности и энергоэффективности. Ключевой компонент таких систем — система восприятия, основанная на сенсорах и камерах, которая обеспечивает обнаружение препятствий, контроль инфраструктуры и навигацию. Однако применение подобных технологий связано с вопросами функциональной и информационной безопасности, так как возможные ошибки в распознавании объектов или отказ сенсоров могут привести

к критическим аварийным ситуациям с возможными последствиями жизни и здоровью человека.

Согласно Большой советской энциклопедии — Восприятие, сложная система процессов приёма и преобразования информации, обеспечивающая организму отражение объективной реальности и ориентировку в окружающем мире [1], аналогично и для БЖТС восприятие позволяет ориентироваться в окружающей среде с помощью различных датчиков, сенсоров и взаимодействия с другими транспортом или инфраструктурой.

К примеру, для БЖТС может использоваться обнаружение железнодорожной колеи, светофоров на станции

¹ Работа выполнена в рамках темы НИР № 12441 «Многоуровневое управление сложными техническими системами».

² The work was carried out within the framework of R&D topic No. 12441 «Multi-level control of complex technical systems».

ях или в пути, освещенность путей, обнаружение препятствий и др.

Развитие СВ с одной стороны оказывает положительный эффект, с другой стороны перед такими системами ставятся определенные условия достижимости информационной и функциональной безопасности.

Для классической функциональной безопасностью используются стандарты, такие как ISO 26262 «Дорожные транспортные средства. Функциональная безопасность» и ISO/PAS 21448 «Дорожные транспортные средства. Безопасность заданных функций», для железнодорожного транспорта применяются стандарты ГОСТ 33433–2015 «Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте», ГОСТ 33358–2015 «Безопасность функциональная Системы управления и обеспечения безопасности движения поездов», ГОСТ Р МЭК 61508–2012 «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью» которые регламентируют методы оценки безопасности, однако их адаптация к системам, использующим алгоритмы искусственного интеллекта (ИИ), остаётся сложной задачей.

На данный момент в части систем использующим алгоритмы ИИ (включая СВ) используются введенные в действие стандарты ГОСТ Р 59276–2020 «Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия. Общие положения», ПНСТ 837–2023 «Искусственный интеллект. Управляемость автоматизированных систем искусственного интеллекта», ПНСТ 836–2023 «Искусственный интеллект. Функциональная безопасность и системы искусственного интеллекта», в то же время уровень технологического прогресса опережает существующие методы по обеспечению и доказательству безопасности сложных технических систем в том числе в сфере железнодорожного транспорта и необходимей доказательной базой по оценке функциональной безопасности систем с ИИ.

Данные стандарты требуют разработки обоснования (доказательства) безопасности для функций, связанных с информационной и функциональной безопасностью, которое формирует доказательство того, что был достигнут соответствующий уровень остаточного риска. Однако эти стандарты безопасности, доступные в железнодорожной и любой другой отрасли, были определены без явного учета специфики алгоритмов СВ, таких как сбор данных и его требования, определение показателей оценки производительности, обработка неопределенности, оценка достоверности и т.д.

С интенсивностями отказов аппаратуры обычно проблем не возникает, т.к. их можно получить из различных источников: справочника «Надежность ЭРИ»,

регуляторов или государственных баз данных, к примеру National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), European Union Aviation Safety Agency (EASA) или от производителей конкретных компонентов. Интенсивность искажений информации при передаче по различным интерфейсам также можно достаточно точно оценить на основании данных из нормативных документов. А вот с определением интенсивности ошибок человека при проектировании и при эксплуатации часто возникают проблемы, в том числе для систем с ИИ.

Для решения подобных проблем разработчики систем ИИ часто прибегают к введению множества допущений, пытаясь количественно оценить отказы (например, через интенсивность отказов или их вероятность) с использованием различных статистических методов. Одним из таких методов является расчет уровня полноты безопасности (УПБ) в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ МЭК 61508–2012. Однако важно учитывать, что статистические данные могут быть использованы для обоснования выбора УПБ (например, на основе принципа GAMAB), но не для подтверждения достигнутого уровня. Это связано с тем, что статистическая выборка отражает усредненные значения отказов для различных систем, выполняющих схожие функции, и не учитывает данные для новой разработки, для которой отсутствует статистика отказов. При этом конкретная система может демонстрировать как значительно более высокие, так и более низкие показатели надежности. Исключением является использование оборудования, для которого УПБ был подтвержден ранее.

Системы, критически важные для безопасности (СВ), требуют особого внимания к вопросам обеспечения их безопасности [2]. Для гарантии безопасности и функциональности таких систем до их внедрения необходима эффективная процедура анализа, включающая оценку и верификацию. Для оценки характеристик надежности систем, связанных с безопасностью, могут применяться различные методы, такие как анализ дерева отказов [3], байесовские сети и марковский анализ [4]. Однако каждый из этих методов имеет свои ограничения. Например, анализ дерева отказов предполагает, что все элементы системы подчиняются распределению Бернулли, что не всегда соответствует реальным условиям [5]. Байесовские сети не подходят для оценки функциональной безопасности системы, а марковский анализ не позволяет учитывать неэкспоненциальные распределения. Таким образом, для адекватного описания реальных систем требуется более высокая степень формализации [6].

Типовыми причинами нарушения требований функциональной безопасности БЖТС, делающими невозможным выполнение функций безопасности, могут быть:

- отказы аппаратуры;
- искажения информации (при хранении или передаче);

- внешние влияния (электромагнитные, механические, климатические и т.д.), вызывающие отказы и сбои аппаратуры и искажения информации;
- ошибки человека при проектировании аппаратного и/или программного обеспечения;
- ошибки человека при эксплуатации оборудования.

Также стоит учитывать такие ошибки и сложности в оценке безопасности для СВ БЖТС:

1. Препятствия на железнодорожных путях представляют серьёзную угрозу безопасности. По статистике аварии, вызванные препятствиями, составляют более 83 % всех серьёзных железнодорожных происшествий [7]. Важно оценивать надёжность сенсоров и алгоритмов технического зрения, чтобы минимизировать вероятность отказов.
2. Неопределённость окружающей среды.

Сенсоры и камеры работают в условиях изменяющегося освещения, погодных факторов (дождь, снег, туман) и механических загрязнений (грязь, пыль, лед), что приводит к искажениям получаемых данных.

3. Ошибки в обработке данных.

Сенсоры и камеры могут выдавать ложные показания, что приводит к ошибкам при классификации объектов. Ошибки могут возникать из-за несовершенства алгоритмов машинного зрения или аппаратных сбоев [8].

4. Пропуски и задержки в передаче данных.

В реальном времени необходимо обеспечивать бесперебойную передачу и обработку данных от сенсоров, однако задержки в передаче или потеря данных могут повлиять на принятие решений.

5. Ограниченность традиционных методов верификации.

Существующие методы оценки безопасности, такие как анализ дерева отказов (FTA) или анализ мод отказов и их последствий (FMEA), недостаточно эффективны для сложных систем машинного обучения, используемых в БЖТС [9].

6. Вероятностный характер отказов.

Отказы сенсоров могут носить случайный характер и зависеть от множества факторов, что требует применения вероятностных моделей и методов статистического анализа для оценки надёжности [10].

7. Сложность сертификации систем с ИИ

В традиционных системах безопасности используются строгие детерминированные методы проверки, тогда

как системы с машинным обучением работают на основе вероятностных прогнозов, что усложняет процесс сертификации и стандартизации.

Таким образом ключевым моментом является опасный отказ СВ БЖТС. Опасным отказом СВ является отсутствие корректной реакции БЖТС при возникновении препятствия или дефекта инфраструктуры [11].

В таком случае для СВ можно принять следующую концепцию обеспечения безопасности:

- баланс между пропуском препятствия и ложным обнаружением настроен так, что вероятность пропуска препятствия существенно ниже вероятности ложного обнаружения.
- одиночный отказ или последовательность отказов, которые в совокупности с другими отказами могут приводить к опасному отказу, должны обнаруживаться с заданной вероятностью до наступления опасного отказа.

Для оценки опасного отказа рассмотрим СВ, состоящую из

1. Аппаратная часть:
 - вычислительный модуль (модуль захвата данных и модуль обработки данных);
 - блок сенсоров (видеокамеры, лидары и ультразвуковые датчики) для распознавания препятствий на пути следования, видимых сигналов и других объектов;

Для обнаружения препятствий используется следующий набор двух блоков сенсоров: верхний и нижний блоки.

2. Программная часть содержит встроенное программное обеспечение, реализующее функции захвата, обработки и классификации данных для СВ:
 - системное программное обеспечение;
 - мажоритарное ПО;
 - набор программных модулей для обработки информации от камер и лидаров.

Структурная схема СВ представлена на Рис. 1.

В Табл. 1 представлены блоки сенсоров использующиеся для СВ.

Для СВ можно выразить такую модель:

$P_{\text{ош.дет.}}$ — не обнаружение объекта.

$P_{\text{ош.класс.}}$ — ошибка классификации объекта.

$P_{\text{ош.зоны}}$ — ошибка зоны нахождения объекта относительно путей следования.

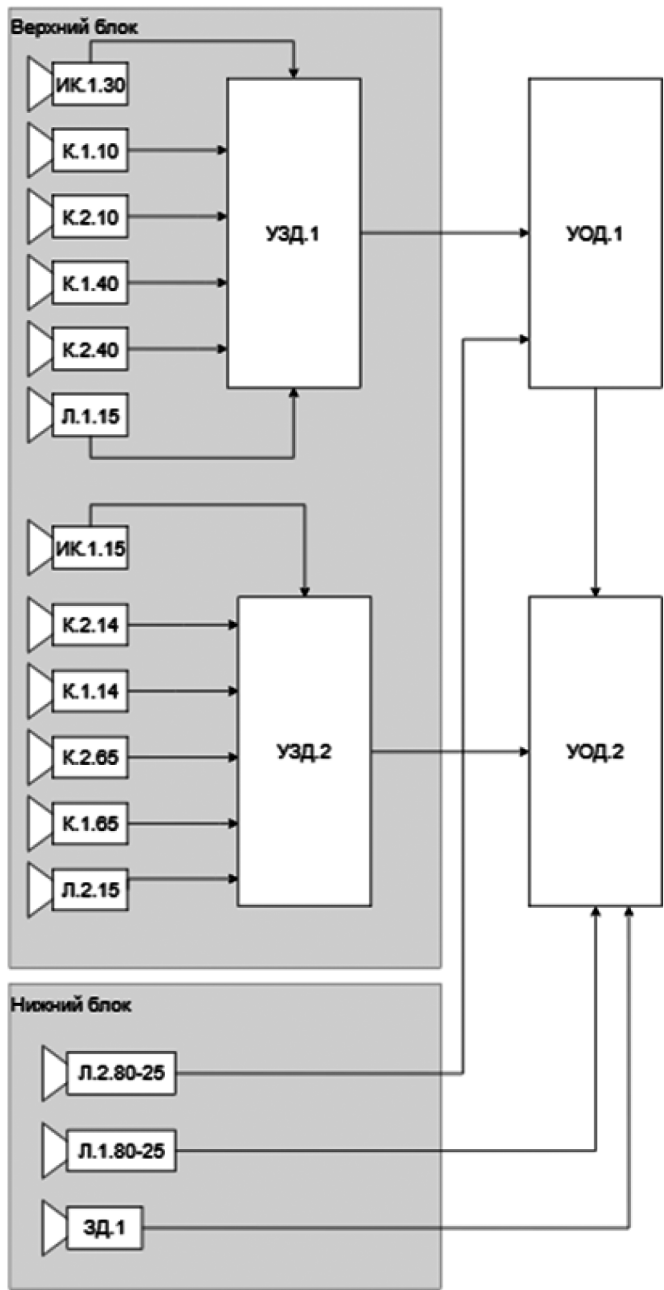


Рис. 1. Структурная схема СВ

$P_{\text{ош.колеи}}$ — не обнаружение колеи.

$P_{\text{ош.рас.}}$ — ошибка определение расстояния до объекта (больше фактического).

Вероятность наступления опасного отказа имеет следующий вид:

Таблица 1.

Блоки сенсоров СВ

№ п.п	Сенсор	Расстояние работы (м)	Количество (шт.)
1	камера 64.5*	От 5 до 150	2
2	камера 21.74*	От 10 до 350	2
3	камера 10,8*	От 30 до 600	2
4	камера 7.56*	От 90 до 800	1
5	тепловизор 15*	От 1 до 764	1
6	тепловизор 30*	От 1 до 347	1
7	лидар 14.5*	От 3 до 500	2
8	лидар 82*	От 3 до 260	2
Итого		От 1 до 800	13

$$P_{\text{отк}} = 1 - (1 - P_{\text{ош.дет.}})(1 - P_{\text{ош.зоны}})(1 - P_{\text{ош.рас.}}) = < 10^{-n} \text{ 1/ч.}$$

Где n — необходимый уровень достижения УПБ.

Заключение

Оценка безопасности сенсоров и камер в СВ требует применения вероятностных моделей, анализа неопределённости и формальных методов верификации. Комбинированное использование этих методов позволяет минимизировать риски отказов и обеспечить надёжность автономных железнодорожных систем.

СВ сопровождают прогнозы оценкой вероятности, интерпретируемой как степень точности. Например, если система классифицирует изображение дорожного знака «Стоп» с уверенностью 93 %, это указывает на высокую точность распознавания. При значении 55 % констатируется низкая эффективность классификации. Однако исследования в области состязательных атак на ИИ демонстрируют, что высокая точность не гарантирует устойчивости к искаженным данным. Данный факт подтверждает необходимость комплексной оценки, выходящей за рамки базовых метрик.

Данные результаты работы быть использованы в последующих статьях при проектировании и тестировании систем восприятия БЖТС, а также могут быть полезны при разработке рекомендаций для сертификации подобных систем в соответствии с действующими стандартами безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Большая советская энциклопедия в 30 т. — 3-е изд. — М.: Советская энциклопедия, 1969–1986. ил., карт. URL: <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/006/771.htm> (дата обращения: 10.01.2025).
2. L.J. Chen, T. Tang, X.Q. Zhao, and E. Schnieder, «Verification of the safety communication protocol in train control system using colored Petri net», Reliability Engineering & System Safety, vol. 100, pp. 8–18, 2012.
3. N. Khakzad, F. Khan and P. Amyotte, «Safety analysis in process facilities: Comparison of fault tree and Bayesian network approaches», Reliability Engineering & System Safety, vol. 96, pp. 925–932, 2011.
4. Lisnianski, D. Elmakias, D. Laredo, and H.B. Haim, «A multi-state Markov model for a short-term reliability analysis of a power generating unit», Reliability Engineering & System Safety, vol. 98, pp. 1–6, 2012.
5. T.K. Nguyen, J. Beugin and J. Marais, «Method for evaluating an extended Fault Tree to analyse the dependability of complex systems: Application to a satellite-based railway system», Reliability Engineering & System Safety, vol. 133, pp. 300–313, 2015.
6. Song H., Liu J., Schnieder E. Validation, verification, and evaluation of a Train-to-Train Distance Measurement System by means of Colored Petri Nets. Reliab. Eng. Syst. Saf. 2017, 164, 10–23.
7. Общие подходы к доказательству безопасности автономных систем / Е.Н. Розенберг, П.А. Попов, Д.В. Талалаев [и др.] // Автоматика, связь, информатика. — 2022. — № 1. — С. 2–9. — DOI 10.34649/AT.2022.1.1.001. — EDN SGHYWQ.
8. Методология обоснования требований безопасности при использовании систем технического зрения в интеллектуальных системах управления движением поездов / Л.А. Баранов, П.Ф. Бестемьянов, Е.П. Балакина, А.Л. Охотников // Интеллектуальные транспортные системы: материалы Международной научно-практической конференции, Москва, 26 мая 2022 года. — Москва: Российский университет транспорта, 2022. — С. 54–58.
9. Шубинский И.Б. О методе обеспечения функциональной безопасности системы с одноканальной обработкой информации / И.Б. Шубинский, Е.Н. Розенберг, А.С.Коровин, Н.Г. Пенькова // Надежность. 2022. №22(3). С. 44–52. DOI: 10.21683/1729–26462022-22-3-44-52.
10. Князев Е.С. Проектирование и разработка подсистемы безопасности робототехнического комплекса с использованием технического зрения / Е.С. Князев, В.И. Воронов // DSPA: Вопросы применения цифровой обработки сигналов. — 2024. — Т. 14, № 1. — С. 19–25.

© Мыськив Иван Иванович (Myskiv.i@itmo.ru); Попов Илья Юрьевич (iupopov@itmo.ru);
Заколдаев Данил Анатольевич (d.zakoldaev@itmo.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТАМИ ВНУТРЕННЕГО АУДИТА В КОРПОРАТИВНОМ СЕКТОРЕ

ANALYSIS OF METHODS FOR MANAGING INTERNAL AUDIT RESULTS IN THE CORPORATE SECTOR

**A. Novikova
O. Romashkova**

Summary. The article examines methods for improving the efficiency of internal audit in the corporate sector. Based on the analysis of modern approaches, including the Three Lines of Defense model and COSO standards, recommendations are proposed for integrating automated solutions (Big Data, AI, RPA) into control systems. The results emphasize the importance of adapting international practices to non-financial organizations and demonstrate the potential of technologies for risk mitigation and process optimization.

Keywords: internal audit, three lines of defense model, COSO, Big Data, artificial intelligence, risk management.

Новикова Алина Сергеевна

Аспирант, ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет (МГПУ)»
Alinanov.s@yandex.ru

Ромашкова Оксана Николаевна

Доктор технических наук, профессор, профессор,
ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства
и государственной службы при Президенте РФ
(РАНХиГС)» г. Москва
ox-rom@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию методов повышения эффективности внутреннего аудита в корпоративном секторе. На основе анализа современных подходов, включая модель «трех линий защиты» и стандарты COSO, предложены рекомендации по интеграции автоматизированных решений (Big Data, AI, RPA) в систему контроля. Результаты исследования подчеркивают важность адаптации международных практик к специфике нефинансовых организаций и демонстрируют потенциал технологий для минимизации рисков и оптимизации управленческих процессов.

Ключевые слова: внутренний аудит, модель «трех линий защиты», COSO, Big Data, искусственный интеллект, риск-менеджмент.

Введение

В условиях глобализации и цифровизации бизнеса внутренний аудит трансформируется из инструмента контроля в стратегический ресурс управления. Его задача — не только выявление нарушений, но и прогнозирование рисков, поддержка решений собственников и повышение устойчивости компании [1]. Однако, как показало исследование PwC (2022) [2], 45 % организаций сталкиваются с нехваткой компетенций для внедрения современных аудиторских практик, а 32 % указывают на недостаточную методическую базу.

Цель статьи — анализ методов управления результатами внутреннего аудита, включая адаптацию модели «трех линий защиты», а также выявление возможностей автоматизации процессов управления. Научная новизна работы заключается в разработке структурно-логической модели, объединяющей стандарты COSO [3] с инструментами анализа данных, и в доказательстве их эффективности для торговых предприятий.

Эволюция роли внутреннего аудита в системе корпоративного управления

Современный внутренний аудит выполняет три ключевые функции:

1. Контрольная — оценка надежности системы внутреннего контроля (СВК).
2. Консультативная — поддержка руководства в управлении рисками.
3. Прогностическая — идентификация угроз на ранних стадиях.

По данным Ernst & Young (2016), 83 % компаний используют внутренний аудит для оценки СВК, 81 % — для консультирования руководства, а 78 % — для мониторинга устранения недостатков. При этом 80 % респондентов отмечают необходимость вовлечения аудита в стратегическое планирование. Это свидетельствует о переходе от реактивного к проактивному подходу.

В ходе исследования выявляют 3 основные проблемы традиционных методов:

1. Запоздывание в выявлении рисков из-за ручного сбора данных.
2. Ограниченный охват факторов влияния (внешних и внутренних).
3. Низкая скорость реагирования на изменения рынка.

Модель «трех линий защиты»: теория и практика применения

Модель «трех линий защиты» является ключевым принципом, рекомендованным Базельским комитетом

по банковскому надзору в 2011 году для эффективного управления операционными рисками. Согласно методическим рекомендациям по организации корпоративного управления в банках РФ, эффективная система внутреннего контроля обеспечивает надлежащее функционирование модели «трех линий защиты», с четко определенными зонами ответственности за управление рисками: на уровне бизнес-единиц банка, отдела управления рисками и отдела комплаенс, и на уровне подразделения внутреннего аудита.

Зарубежные исследования показывают, что модель «трех линий защиты» может быть применима не только в финансовом, но и в корпоративном секторе. Д. Андерсон и Дж. Юбэнкс отмечают [4], что в зависимости от размера, объема и сложности экономической деятельности предприятия модель «трех линий защиты» определяет распределение и координацию обязанностей, связанных с риском и контролем. Целесообразно сочетать эту модель с компонентами модели COSO, предложенной Комитетом COSO, созданным в 1985 году в США. Теперь

рассмотрим конкретные методы управления результатами внутреннего аудита. Для эффективного управления результатами внутреннего аудита используется несколько методов. И наконец, анализ эффективности: периодическая оценка эффективности внутренних контрольных систем позволяет вносить необходимые коррективы и улучшения. Модель COSO определяет инструменты и применяемые решения в зависимости от актуальных целей внутреннего контроля (эффективность управления, достоверность отчетности, комплаенс) и в сферах инспекций (бизнес-уровень и уровень процессов) и представлена в виде уровней «куба COSO». Структурно-логическая модель использования инструментов куба COSO в модели «трех линий обороны» представлена на рисунке 1.

В разработанной структурно-логической модели каждое из трех направлений играет четкую роль в рамках более широкой структуры управления, что обеспечит успех предприятия в достижении его общих целей.

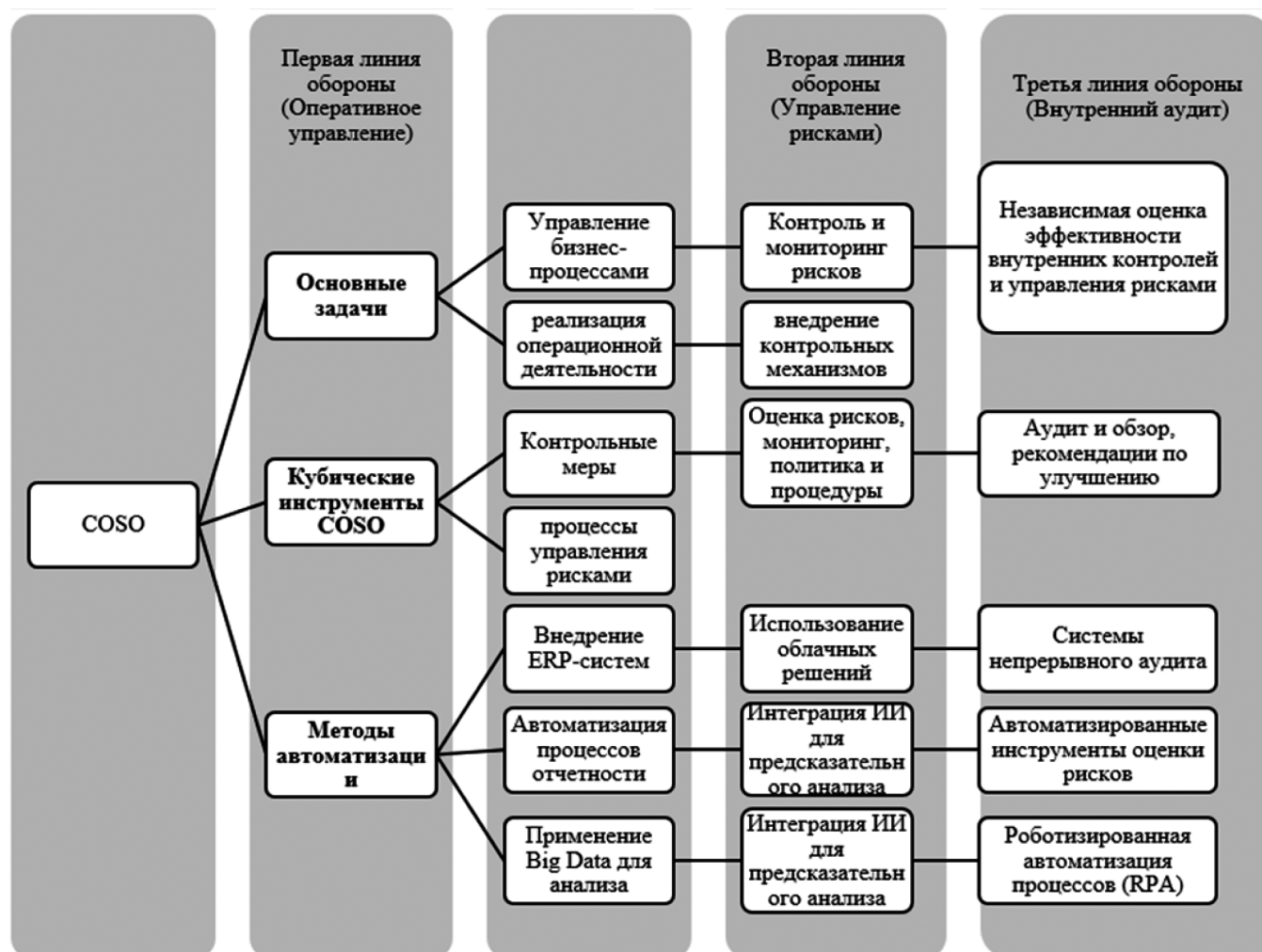


Рис. 1. Структурно-логическая модель использования кубических инструментов COSO в модели «трех линий обороны» для разных методов автоматизации внутреннего аудита

Модель, предложенная Базельским комитетом [5], распределяет зоны ответственности:

1. Первая линия — операционные менеджеры, управляющие рисками в реальном времени.
2. Вторая линия — риск-менеджеры и compliance-отделы, разрабатывающие политики.
3. Третья линия — внутренний аудит, обеспечивающий независимую оценку.

Факторы, влияющие на систему внутреннего аудита

Для анализа влияния факторов на систему внутреннего аудита мы сосредоточимся на тех, которые могут измениться в результате управленческого воздействия, исключая те, которые не поддаются контролю со стороны менеджмента компании. К факторам, неподконтрольным менеджменту, относятся нормативно-правовое обеспечение, состояние экономики, уровень развития общества, политическая стабильность, международные финансово-кредитные отношения, финансово-кредитная политика государства и культурно-образовательная среда [6]. Все эти факторы являются внешними. Также существуют внутренние факторы, на которые система внутреннего аудита не оказывает влияния, такие как форма собственности и организационно-правовая форма предприятия, решения по которым принимаются на уровне высшего руководства компании. Остальные

факторы (таблица 1) систематизированы по отношению к системе внутреннего аудита (внешние и внутренние) и по вектору влияния на систему внутреннего аудита (положительные, негативно влияющие и имеющие смешанный характер).

Таким образом, формирование эффективной системы внутреннего аудита как третьей линии защиты предприятия невозможно без акцентирования внимания на факторах, существенно влияющих на функционирование предприятия и результаты его деятельности. Внутренний аудит является промежуточным звеном между операционным управлением и внешней аудиторской оценкой деятельности компании. Поэтому при изучении особенностей функционирования подразделения внутреннего аудита необходимо учитывать всю совокупность как внешних, так и внутренних факторов, влияющих на систему контроля.

Это позволит эффективно реагировать на негативные события и усиливать положительные эффекты за счет принятия корректирующих действий и принятия взвешенных управленческих решений.

Управление факторами через автоматизацию

Эффективное процессно-ориентированное управление торговыми предприятиями требует разработки

Таблица 1.

Факторы, влияющие на среду управления предприятием

Типы	Факторы	Методы автоматизации	Риски	Механизмы управления
Внешние факторы	Нормативно-правовое обеспечение, состояние экономики, политическая стабильность, уровень развития общества, особенности международных финансово-кредитных отношений, финансово-кредитная политика государства, состояние культурно-образовательной среды	ERP-системы, облачные решения, Big Data, IoT	Экономическая нестабильность, политические риски	Внедрение регулирующих стандартов и процедур
Внутренние факторы	Форма собственности, организационно-правовая форма предприятия, масштабы деятельности, корпоративная культура	Искусственный интеллект, машинное обучение, RPA	Риски несоответствия нормативным требованиям	Внутренние политики, контрольные меры, обучение сотрудников
Положительные факторы	Эффективность управления рисками, улучшение качества данных	Программное обеспечение для управления аудитом, непрерывный аудит	Недостаток данных для принятия решений, устаревшие методы	Системы мониторинга, периодические проверки
Негативные факторы	Неэффективные внутренние процессы, высокая стоимость внедрения	Автоматизированные инструменты оценки рисков	Ошибки в автоматизации, нарушение процессов	Регулярные аудиторские проверки, корректировка процессов
Смешанные факторы	Воздействие технологических изменений, адаптация к новым условиям	Использование блокчейн для прозрачности, предсказательный анализ	Технологическая неопределенность, недостаток компетенций	Обучение и развитие сотрудников, адаптация технологий

специализированного информационного обеспечения (ИО), основанного на методически обоснованных подходах [7]. Ключевым аспектом является формирование универсальных рекомендаций по организации информационных процессов и стандартов обработки данных, адаптированных к специфике отрасли [8].

Предложенная структура ИО включает четыре иерархических уровня (рисунок 2):

1. Теоретико-методологический — объединяет базовые теории (системный подход, теория коммуникаций, экономико-математическое моделирование) и методологии, задающие основу для разработки инструментов.
2. Методический — конкретизирует методы и подходы реализации ИО.
3. Методико-инструментальный — определяет инструменты для решения задач ИО.
4. Организационно-практический — обеспечивает внедрение концепции через практические механизмы.

Данная модель систематизирует процессы разработки ИО, повышая управленческую эффективность.

Внутренний аудит: этапы и взаимосвязи

Для внутреннего аудита торговых операций предложена организационная модель, интегрирующая этапы проверки с элементами торгово-технологического процесса (рисунок 3).

Следует отметить, что выбор методов автоматизации обеспечения внутреннего аудита товарных сделок напрямую зависят от цикличности бизнеса. Поэтому для разработки эффективных мер по предотвращению кризисов и преодолению их последствий в системе внутреннего аудита целесообразно выделять четыре фазы кризиса (потенциальную, скрытую, активную и углубленную) и сравнивать их со стадиями жизненного цикла предприятия [9]. Это связано с тем, что каждая стадия жизненного цикла, как и каждая фаза кризиса, имеет свой набор типичных критических рисков, кроме того, развертывание каждой фазы кризиса и его последствий будет разным на каждой стадии жизненного цикла организации.

Ключевые этапы включают:

- Анализ предыдущих аудиторских заключений и регуляторных проверок.
- Выбор методов аудита с учетом цикличности бизнеса.
- Оценку информационной инфраструктуры (техническое состояние, ПО, безопасность).

Управление кризисными фазами через аудит

Эффективность аудита усиливается при учете стадий жизненного цикла предприятия и фаз кризиса (потен-

циальная, скрытая, активная, углубленная). Каждая фаза коррелирует с типичными рисками, что требует адаптации функций аудита. Например, на этапе восстановления платежеспособности аудит фокусируется на систематизации критических рисков текущей стадии жизненного цикла [10].

Контрольно-консультационные системы аудита

Основой формирования систем контроля и консультативного аудита является определение специфики учетных информационных систем, организационной структуры торгового предприятия, уровня централизации обработки данных (использование локальных компьютеров или объединение в единую сеть), чаяний и ожиданий заинтересованных сторон. В соответствии с общими аспектами построения организационно-экономических систем системы аудита должны включать в себя обязательные компоненты, образующие единую систему. Контрольно-рекомендательные системы аудита состоят из двух частей — контрольной и консультативной, общим аспектам и характерным особенностям которых уделяется повышенное внимание. Контроллинговая часть состоит из двух объединенных программных модулей, один из которых предназначен для формирования и настройки базы данных, справочных файлов, а другой — для проведения аудита. При этом информационное обеспечение внутреннего аудита создается в виде базы оперативных данных, которая состоит из нескольких файлов, содержащих информацию за разные периоды. Кроме того, помимо оперативной базы данных, используется справочная информация из контроллинговой части систем контроля и консультационного аудита. Принципы построения контрольно-консультационных систем внутреннего аудита должны обеспечивать достижение различных задач на этапе формирования общесистемной, контроллинговой и консультационной частей автоматизированной системы внутреннего аудита (рисунок 4).

Учитывая значительное влияние информационных технологий на все стороны деятельности сетевого торгового предприятия, большое внимание сегодня следует уделять методам и средствам обеспечения сохранности баз данных и информационной безопасности.

Система внутреннего аудита для проверки эффективности и защищенности информационной системы торгового предприятия не ограничивается оценкой ее текущего состояния, а проверкой информационно-технологической инфраструктуры (технического состояния информационной системы и программного обеспечения), а также контролем информационной безопасности.

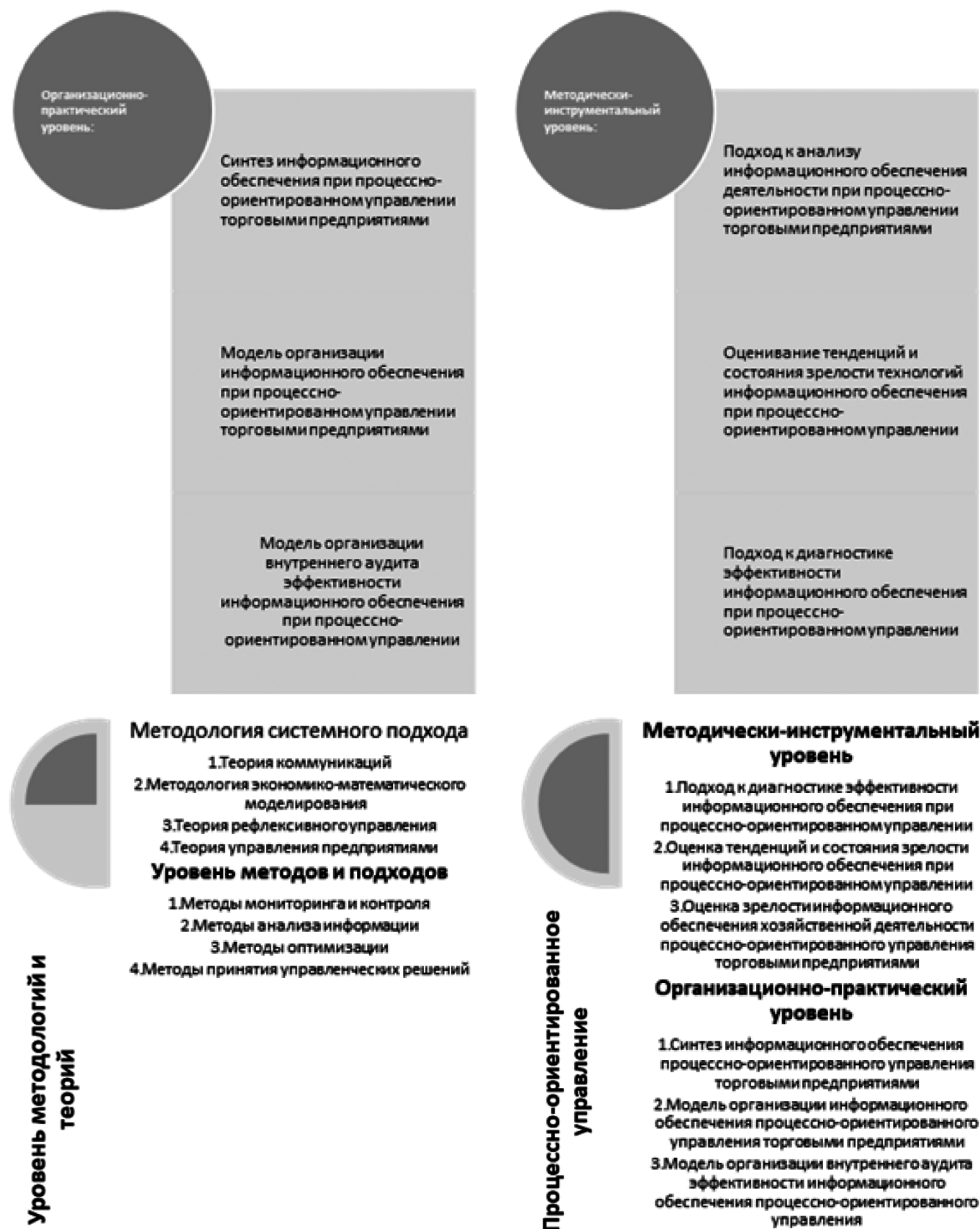


Рис. 2. Схема взаимосвязей элементов концептуальных основ информационного обеспечения при процессно-ориентированном управлении торговыми предприятиями (разработано автором)



Рис. 3. Организационная модель внутреннего аудита хозяйственных операций торгового предприятия

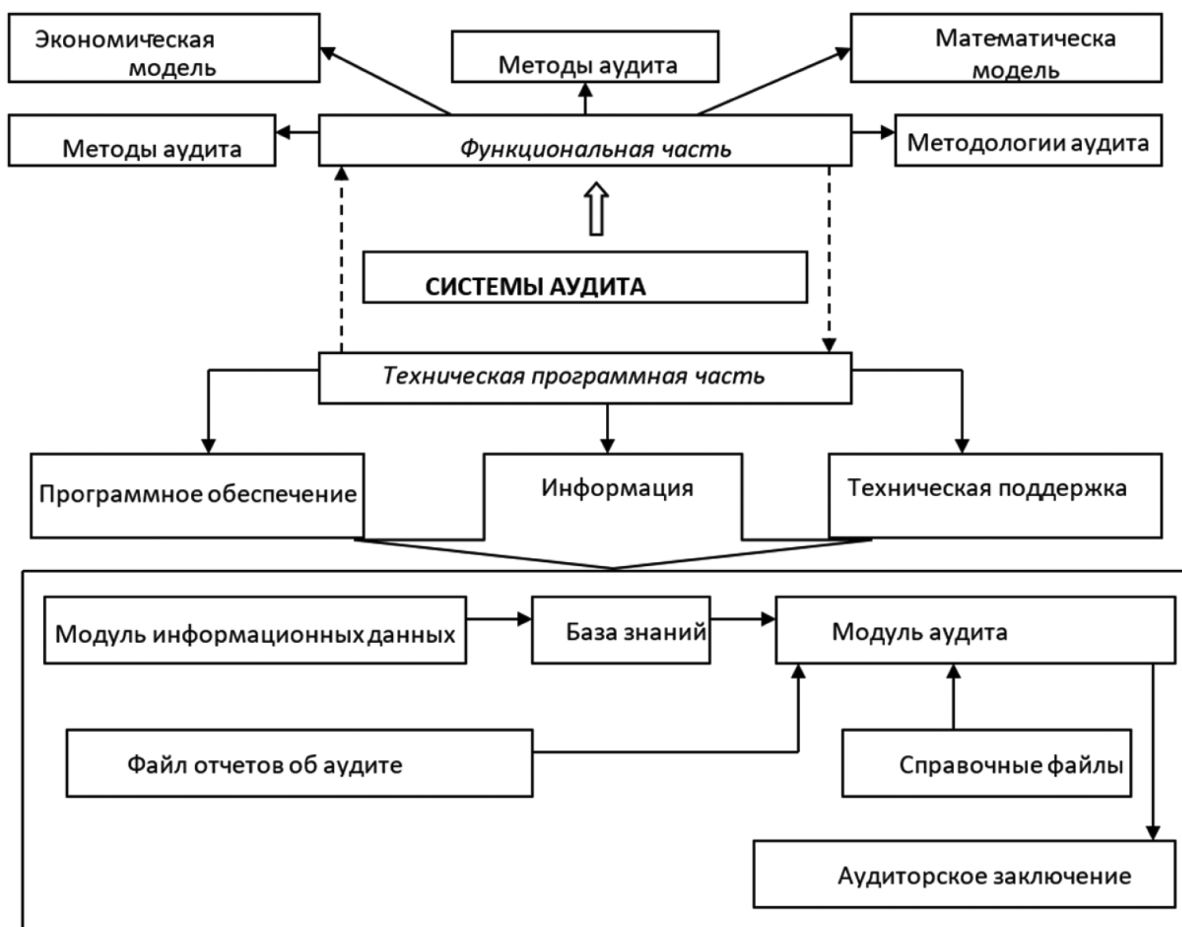


Рис. 4. Составляющие систем контроля и консультативного аудита

Заключение

Эффективное ИО в процессно-ориентированном управлении торговлей требует не только внедрения передовых технологий, но и глубокого понимания отраслевой специфики. Интеграция Big Data, ИИ и мобильных

решений позволяет не только автоматизировать рутину, но и создавать конкурентные преимущества через персонализацию и скорость принятия решений. Ключевой успех в балансе между стандартизацией и гибкостью, что особенно актуально для сетевых предприятий с распределенной структурой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новикова А.С., Ромашкова О.Н. Интеграция нейросетей в информационные системы розничных торговых сетей: прогнозирование и управление распределением ресурсов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2024. № 1-2. С. 49–52.
2. PwC. State of the Internal Audit Profession Study — London: PricewaterhouseCoopers, 2022. — 32 p.
3. COSO. Internal Control — Integrated Framework — New Jersey: Committee of Sponsoring Organizations, 2013. — 216 p.
4. Anderson D., Eubanks J. Risk Management in Corporate Governance — Boston: Harvard Business Press, 2020. — 180 p.
5. International Organization for Standardization. ISO 27001: Information Security Management — Geneva: ISO, 2022. — 98 p.
6. Ромашкова О.Н., Каптерев А.И. Анализ угроз и рисков информационной безопасности в вузе // Вестник МГПУ. Серия: Информатика и информатизация образования. 2023. № 1 (63). С. 37–47.
7. Abrahamson M. Three Lines of Defense in Non-Financial Sectors — Journal of Corporate Governance, 2017. — Vol. 45. — No. 3. — P. 112–125.
8. Михеева Е.О., Ромашкова О.Н. Гибкие методы и алгоритмы управления инновационными проектами для предприятий информатизации // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2022. № 10. С. 63–70.
9. Заболотникова В.С., Ромашкова О.Н. Анализ методов кластеризации для эффективного управления процессами в налоговой службе // Фундаментальные исследования. 2017. № 9–2. С. 303–307.
10. Павличева Е.Н., Ромашкова О.Н. Информационные процессы поддержки принятия решений в многоуровневых образовательных системах /Москва, 2022.

© Новикова Алина Сергеевна (Alinanov.s@yandex.ru); Ромашкова Оксана Николаевна (ox-rom@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЖИМНЫХ КАРТ ТУРБИННЫХ УСТАНОВОК ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

NUMERICAL METHODS OF MODELING OF MODE MAPS OF TURBINE UNITS OF THERMAL POWER PLANTS

**S. Olimpiev
A. Neklyudov**

Summary. Purpose: This work is devoted to the development and study of an algorithm for numerical simulation of mode maps of turbine units of thermal power plants. The aim of the study is to create an algorithm that allows simulating the process of mode map operation and determining the sharp steam flow rate based on numerical methods. *Methods:* Numerical methods of interpolation and extrapolation are applied for approximation of characteristic dependencies presented in the mode map. This provides the possibility of determining parameter values at arbitrary points in the domain of definition, including extrapolation beyond known discrete values. *Results:* The results of using the proposed algorithm demonstrate minimal deviations of the initial and calculated values of the parameter under study. *Conclusions of the study:* An effective approach for numerical modeling of mode maps of turbine plants is proposed. The approach can be applied for analysis and optimization of turbine operation modes at thermal power plants.

Keywords: mode maps, modeling, interpolation, extrapolation, turbine, thermal power plants.

Олимпиев Сергей Александрович

Аспирант, Национальный исследовательский университет, Московский Энергетический Институт
OlimpiyevSA@mpei.ru

Неклюдов Алексей Васильевич

кандидат технических наук, доцент,
Национальный исследовательский университет,
Московский Энергетический Институт
NeklyudovAlV@mpei.ru

Аннотация. Цель: Данная работа посвящена разработке и исследованию алгоритма численного моделирования режимных карт турбинных установок тепловых электростанций. Цель исследования состоит в создании алгоритма, позволяющего имитировать процесс работы с режимной картой и определять расход острого пара на основе численных методов. *Методы:* применяются численные методы интерполяции и экстраполяции для аппроксимации характеристических зависимостей, представленных в режимной карте. Это обеспечивает возможность определения значений параметров в произвольных точках области определения, включая экстраполяцию за пределы известных дискретных значений. *Результаты:* Результаты использования предложенного алгоритма демонстрируют минимальные отклонения исходных и рассчитанных значений исследуемого параметра. *Выводы исследования:* Предложен эффективный подход для численного моделирования режимных карт турбинных установок. Подход может быть применен для анализа и оптимизации режимов работы турбины на тепловых электростанциях.

Ключевые слова: режимные карты, моделирование, интерполяция, экстраполяция, турбина, тепловые электростанции.

Надежная и эффективная эксплуатация турбинных установок тепловых электростанций требует точного знания рабочих характеристик различных режимов работы турбины [1]. Ключевым инструментом, обеспечивающим информацию о режимах работы, являются режимные карты или диаграммы режимов работы турбинных установок.

Режимная карта представляет собой графическое отображение взаимосвязи основных параметров турбины в различных режимах работы. Такие карты используются для оптимизации режимов работы турбины, контроля текущего состояния и выявления отклонений от нормальных режимов, оценки эффективности работы турбинной установки, а также прогнозирования изменений ее работы, обеспечивая комплексный анализ рабочих характеристик [1].

Традиционно работа с режимными картами осуществляется визуально, что ограничивает возможно-

сти анализа и оптимизации режимов работы турбинных установок. Численное моделирование режимных карт позволяет автоматизировать процесс определения параметров работы турбины, проводить анализ больших объемов данных с высокой точностью и скоростью, создавать модели, учитывающие влияние различных факторов на работу турбины, а также оптимизировать режимы работы турбинной установки в реальном времени, что в совокупности ведет к повышению эффективности и надежности работы тепловых электростанций [2].

В рамках численного моделирования характеристик турбинных установок, основанного на использовании данных в виде графических поверхностей, возникает необходимость преобразования графических зависимостей в наборы дискретных численных значений. Для эффективной работы с такими наборами, характеризующими графические поверхности, был разработан метод формирования интерполяционных кривых, предназна-

ченный для создания и добавления интерполяционных функций в структурированный словарь.

Структура словаря представляет собой набор пар ключ-значение, где ключом выступает наименование характеристической поверхности, а значением — соответствующая интерполяционная функция. При работе с оцифрованной режимной картой, представленной в виде числовых данных, метод автоматически определяет размерность входного набора значений для выбора соответствующего типа интерполятора. В случае одномерного набора данных формируется одномерный интерполятор, а при наличии многомерного набора данных — многомерный интерполятор.

Интерполятор представляет собой математический объект, реализующий аппроксимацию значений функции в произвольных точках области определения на основе ее известных дискретных значений. Для одномерных данных используется метод линейной интерполяции. В рамках этого метода определяется интервал, ограниченный двумя опорными точками, содержащий целевую точку. На основе значений функции в опорных точках вычисляются весовые коэффициенты, отражающие их относительное влияние на значение в целевой точке. Итоговое значение функции в целевой точке получается путем линейной аппроксимации значений функции в опорных точках с использованием полученных весовых коэффициентов [8].

Для многомерных наборов данных применяется триангуляция Делоне, заключающаяся в разбиении пространства на симплексы, соответствующие размерности данных: треугольники для двумерных данных, тетраэдры для трехмерных, и n-мерные симплексы для n-мерных данных. Оценка значений функции в произвольной точке, расположенной внутри симплекса, также осуществляется с использованием линейной интерполяции. При этом искомое значение аппроксимируется как линейная зависимость значений функции в вершинах симплекса с весовыми коэффициентами, определяемыми барицентрическими координатами целевой точки относительно симплекса [7].

Для вычисления значений, выходящих за пределы области интерполяции, применяется метод экстраполяции, позволяющий интерполятору использовать линейную интерполяцию в области за пределами известных дискретных значений.

Таким образом, разработанный метод формирования кривых инкапсулирует логику создания интерполяционных функций, автоматически определяя тип интерполяции в зависимости от размерности входных данных. Создаваемые интерполяторы обеспечивают возможность вычисления значений функции в произвольных точках области определения, включая их экстраполяцию за пределы области интерполяции, обеспечивая необходимую гибкость при работе с режимными картами.

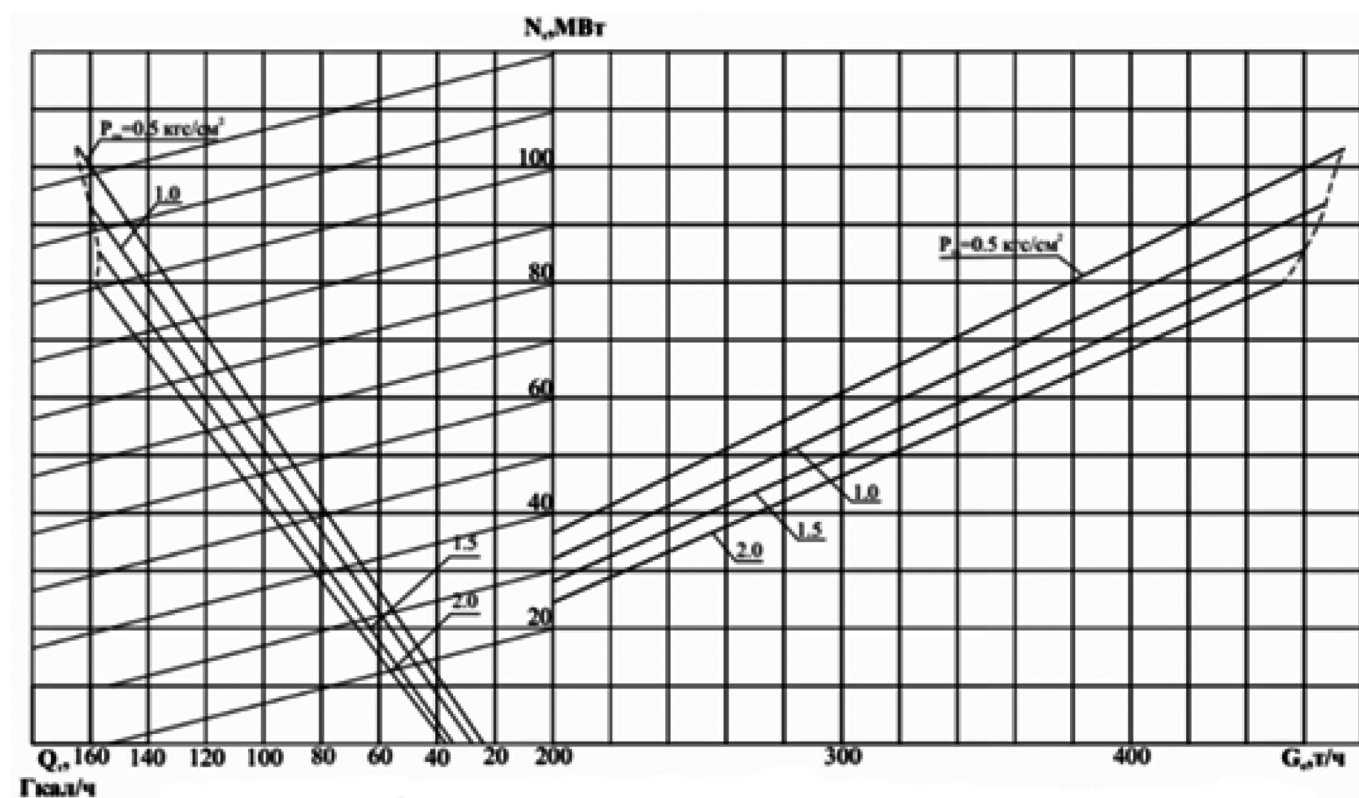


Рис. 1. Диаграмма режимов работы теплофикационной турбины при одноступенчатом подогреве сетевой воды

С использованием численных методов активно ведутся научные исследования для определения статических характеристик нагрузок в узлах систем электроснабжения. В рамках этих исследований применяются методы интерполяции и экстраполяции для построения статических характеристик активной и реактивной мощности в узлах систем электроснабжения 6 кВ [3]. Помимо этого, проводятся исследования в разработке методов оценки вероятности отказа элементов систем атомных электростанций. В основе этих исследований также лежит численный метод интерполяции [4].

В рамках данного исследования рассматривалась диаграмма режимов работы теплофикационной турбины при одноступенчатом подогреве сетевой воды, представленной на рисунке 1.

Для имитации процесса определения расхода острого пара G_o на основе режимной карты турбинной установки разработан алгоритм, включающий последовательность взаимосвязанных этапов. Этот алгоритм призван воспроизвести процедуру определения параметров работы турбины, используя графическую информацию, представленную на режимной карте, в виде набора цифровых данных.

На первом этапе алгоритма производится фильтрация исходных значений давления в нижнем тепловом отборе $P_{нто}$ в соответствии с ограничениями, накладываемыми диаграммой режимов работы. Значения $P_{нто}$ должны находиться в диапазоне от 0,5 до 2 кгс/см². Далее вычисляется первое приближение значения электрической нагрузки N с учетом коэффициента пропорциональности, отражающего угол наклона линий на диаграмме режимов работы.

После этого определяется интерполяционное значение теплового отбора Q_t с использованием разработан-

ного метода формирования интерполяционных кривых. Интерполятор моделирует зависимость теплового отбора пара Q_t от давления в нижнем тепловом отборе $P_{нто}$ и электрической мощности N . Этот этап соответствует процессу интерполяции левой части режимной карты, позволяя определить значение теплового отбора при заданных значениях давления и электрической мощности, даже если эти значения не представлены на самой карте в виде точек. Вследствие наличия двух независимых переменных, интерполяция выполняется в двумерном пространстве. Далее производится повторный расчет значений мощности N на основе интерполированных значений теплового отбора Q_t и коэффициента пропорциональности, характеризующего угол наклона линий на диаграмме. Эта итерация необходима для уточнения значения электрической нагрузки, согласовав его с интерполированным значением теплового отбора согласно представленным на режимной карте зависимостям.

Завершающий этапом является определение расхода острого пара G_o с помощью интерполяции по правой части режимной карты. В качестве входных данных используются исходное значение давления в нижнем тепловом отборе $P_{нто}$ и скорректированное значение электрической мощности N . Интерполяция выполняется в двумерном пространстве.

В завершении представленного исследования строится графическая зависимость исходного и рассчитанного расхода острого пара D_o с учетом поправок на отклонение параметров от номинального режима работы турбины.

Анализ графической поверхности показывает хорошее соответствие общей динамики изменения рассчитанных значений расхода острого пара, представленных оранжевой линией, с исходными значениями, представленных синей линией. Это свидетельствует о том,

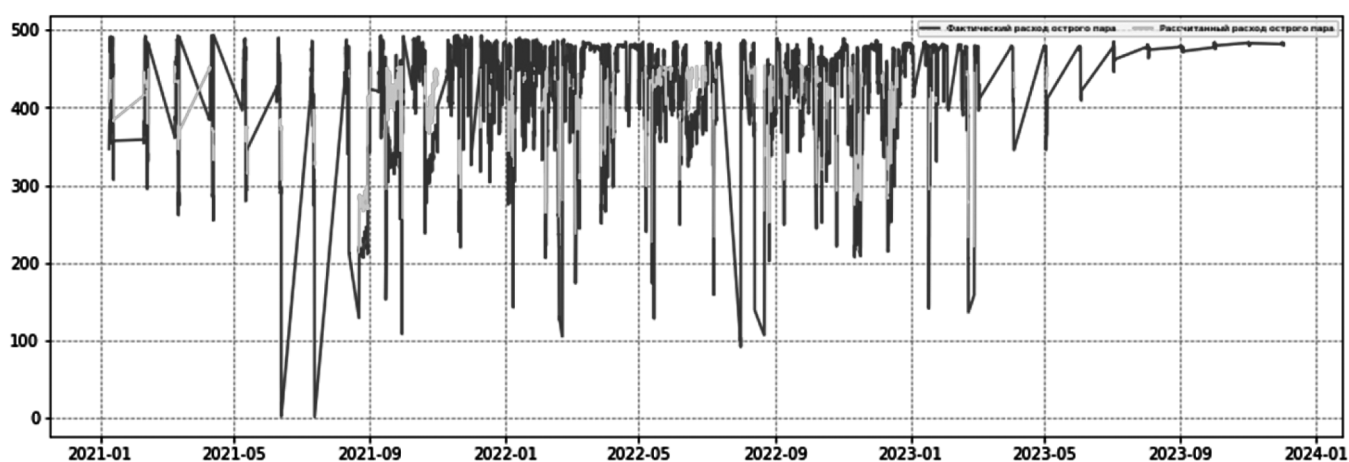


Рис. 2. Графическая зависимость фактических и рассчитанных значений расхода острого пара D_o с учетом поправок на отклонение от номинального режима работы турбины

что разработанный алгоритм успешно воспроизводит основные закономерности изменения расхода острого пара в зависимости от различных факторов. На большей части временного интервала рассчитанные значения достаточно близко соответствуют фактическим.

Предложенный алгоритм представляет собой эффективный инструмент для имитации работы с режимной картой и определения расхода острого пара турбины. Полученные результаты свидетельствуют о применимости разработанного подхода для анализа режимов работы турбины.

В данном исследовании был представлен алгоритм, имитирующий процесс работы с режимной картой, используя разработанный метод формирования интерполяционных кривых, для определения ключевых параметров работы турбинной установки. Разработанный метод обеспечивает возможность получения значений параметров, не представленных явно на режимной карте, путем интерполяции или экстраполяции, приближая численный расчет к визуальной работе с графическими данными режимной карты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андришин А.В. Решение задачи оптимизации режимов работы комбинированных теплоэнергетических систем в зависимости от выбранного метода / А.В. Андришин, Э.К. Аракелян, А.В. Неклюдов, Н.С. Долбикова, Ю.Ю. Ягупова // Киберфизические системы: моделирование и промышленное применение. 2022. С. 107–115.
2. Аракелян Э.К. Методические основы оптимального распределения нагрузки на тепловой электростанции со сложным составом оборудования с учетом требований рынка / Э.К. Аракелян, А.В. Андришин, А.В. Неклюдов, Ю.Ю. Ягупова, С.В. Мезин // Журнал «Физика»: Серия конференций. 2021.
3. Бигун А.Я. Экспериментальное определение статических характеристик нагрузок в узлах системы электроснабжения 6 кВ / А.Я. Бигун, Л.В. Владимиров // Вестник ЮГУ. 2023. №2. С. 112–120.
4. Горюнов О.В. Интерполяционный метод оценки вероятности отказа при сложном нагружении / О.В. Горюнов, Н.Н. Куриков, К.А. Егоров // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2023. №1. С. 42–52.
5. Исмоилова М.Н. Интерполяция функции / М.Н. Исмоилова, Ш.М. Имомова // Вестник науки и образования. 2020. №3–3. С. 5–8.
6. Кивчун О.Р. Методика режимного нормирования электропотребления объектов регионального электротехнического комплекса в условиях ресурсных ограничений / О.Р. Кивчун, Д.Г. Морозов // Известия ТулГУ. Технические науки. 2023. №11. С. 157–163.
7. Конопацкий Е.В. Геометрическая теория многомерной интерполяции // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2020. №1. С. 9–16.
8. Кривошеев А.С. Интерполяция и фундаментальный принцип / А.С. Кривошеев, О.А. Кривошеева // УМЖ. 2024. №3. С. 58–68.
9. Радин Ю.А. Влияние отклонений параметров в процессе пуска на термонапряженное состояние оборудования ТЭС / Ю.А. Радин, Т.С. Конторович, В.У. Мнацаканян // Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. 2023. №2. С. 135–143.
10. Торопов Е.В. Цифровая модель теплового баланса котла / Е.В. Торопов, Л.Е. Лымбина // Вестник ЮУрГУ. Серия: Энергетика. 2021. №3. С. 14–23.

© Олимпиев Сергей Александрович (OlimpiyevSA@mpei.ru); Неклюдов Алексей Васильевич (NekliudovAlV@mpei.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В НАЗЕМНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ СРЕДНЕОРБИТАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ «СКИФ»

OPTIMIZATION OF THE MANAGEMENT
OF THE INFORMATION SECURITY
PROCESS IN THE GROUND-
BASED INFORMATION
AND TELECOMMUNICATIONS NETWORK
OF THE MEDIUM-ORBIT SATELLITE
COMMUNICATION SYSTEM «SKIF»

**A. Pervushkina
D. Sakharov
A. Begaev
S. Krivtsov**

Summary. The article examines the planning and management of the process of ensuring information security in the ground-based information and telecommunications network of the medium-orbit satellite communications system «SKIF».

Keywords: information security process management; satellite communication system; information protection; unauthorized access, Internet.

Первушкина Алиса Артуровна
Санкт-Петербургский государственный
университет телекоммуникаций
имени профессора М.А. Бонч-Бруевича
a.pervushkina@spean.ru

Сахаров Дмитрий Владимирович
Кандидат технических наук, Санкт-Петербургский
государственный университет телекоммуникаций
имени профессора М.А. Бонч-Бруевича
sguard7@mail.ru

Безаев Алексей Николаевич
Генеральный директор АО «ИНСЕК»
a.begaev@inseq.ru

Кривцов Станислав Петрович
Генеральный директор АО «Спин»
s.krivtsov@spean.ru

Аннотация. В статье рассматривается планирование и управление процессом обеспечения информационной безопасности в наземной информационно-телекоммуникационной сети среднеорбитальной системы спутниковой связи «СКИФ».

Ключевые слова: управления процессом информационной безопасностью; система спутниковой связи; защита информации; несанкционированный доступ, интернет.

Значительная часть территории нашей страны расположена в высоких широтах, где плотность населения невелика, а зоны тайги, тундры и вечной мерзлоты мешают прокладке сетей оптоволоконной связи. В таких местах предоставить полный комплекс телекоммуникационных услуг для стационарных и подвижных объектов, обеспечить связанность территорий помогут спутники. Достичь указанных целей планируется путем развертывания группировок со спутниками связи. [1]

Система «Скиф» предназначена для обеспечения широкополосного доступа в Интернет на территории России и сопредельных регионов, что предусмотрено федеральным проектом «Сфера». Федеральный проект «Сфера» включает орбитальные группировки космических аппаратов связи и дистанционного зондирования Земли. Аппараты будут предоставлять широкополосный доступ в Интернет, а также Интернет вещей для 50 миллионов пользователей. Также «Сфера» обеспечит спе-

циальную связь — президентскую, правительственную, ведомственную.

Спутники «Скиф» обеспечат доступ в интернет в арктическом регионе. В настоящее время в северных широтах широкополосного интернета либо нет или он работает по сеансам и с большими задержками. Обеспечение интернет-связи посредством спутников «Скиф» позволит улучшить работу не только объектов морского, но и воздушного транспорта, а также научных экспедиций, полярников, работников метеорологических служб и объектов энергетики.

Всего в состав полномасштабной орбитальной группировки «Скиф» должно войти 12 спутников. Они будут работать на средней круговой орбите высотой 8070 км и наклонением 90 градусов к экватору. Для выполнения целевых задач космические аппараты оснастят многолучевой гибкой полезной нагрузкой на основе активной

фазированной антенной решётки. Её применение позволит быстро и гибко формировать зоны обслуживания, а также повысить суммарную пропускную способность системы. [2]

Целью работы является оптимизация рабочего пространства администратора безопасности информации в наземной информационно-телекоммуникационной сети среднеорбитальной системе спутниковой связи «СКИФ», путём применения специального программного обеспечения и специализированных методик поиска и нейтрализации инцидентов информационной безопасности.

Задачей исследования в статье является поиск методов сокращения времени цикла управления процесса поиска и нейтрализации инцидентов информационной безопасности администратором безопасности информации в наземной информационно-телекоммуникационной сети среднеорбитальной системе спутниковой связи «СКИФ».

1. Описание наземной информационно-телекоммуникационной сети среднеорбитальной системы спутниковой связи «СКИФ»

Структурная схема системы управления наземной информационно-телекоммуникационной сети (ИТКС) среднеорбитальной системы спутниковой связи «СКИФ» представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Структурная схема системы управления наземной ИТКС среднеорбитальной системы спутниковой связи «СКИФ»

Центр системы связи аналитический (ЦССА) помимо своих основных задач управляет ИТКС и потоками информации для взаимодействия с базовыми станциями, которые входят в состав наземного специального комплекса (НСК).

ИТКС НСК состоит из основных частей, таких как:

1. Транспортная сеть НСК — это сеть связи, обеспечивающая взаимодействие между ЦССА и базовыми станциями через сети связи общего пользования, при использовании услуг связи операторов

связи, средствами интернет-соединений с использованием крипто-туннелей.

Транспортная сеть НСК включает в себя:

- набор услуг связи от провайдеров сети связи общего пользования, как правило это будут операторы Ростелеком или ТрансТелеКом, а также могут использоваться компании местных операторов для доведения услуг связи не посредственно до района размещения ЦССА и базовых станций;
- отказоустойчивых кластеров межсетевых экранов, работающих по пограничному шлюзовому протоколу BGP v.4, который является сегодня основным протоколом обмена маршрутной информацией между автономными системами Интернета, со стороны пограничного маршрутизатора узла; [5]

В состав отказоустойчивых кластеров межсетевых экранов ЦССА будут входить:

- пограничный маршрутизатор узла;
- автоматизированное рабочее место менеджера конфигураций;
- отказоустойчивый кластер центра управления сетью;
- отказоустойчивый кластер узла безопасности;
- внутренний коммутатор.

В состав отказоустойчивого кластера межсетевого экрана базовых станций будут входить:

- пограничный маршрутизатор узла;
- отказоустойчивый кластер узла безопасности;
- внутренний коммутатор.

Схема взаимодействия отказоустойчивых кластеров межсетевых экранов ЦССА представлена на рисунке 2.

Отказоустойчивых кластеров межсетевых экранов используется для связи сетей ИТКС. При выходе из строя межсетевого экрана связь между сетями будет утеряна. Чтобы этого не произошло, используется резервирование. Вместо одного межсетевого экрана, устанавливается два одинаковых межсетевых экрана. В каждый момент времени активен только один из них. Второй находится в резерве. Один из межсетевых экранов считается основным (master), второй резервным (slave). Когда работает основной межсетевой экран, резервный блокирует все свои интерфейсы, кроме одного служебного.

Резервный межсетевой экран связан с основным специальной выделенной линией связи (dedicated link). Резервный межсетевой экран прослушивает выделенную линию связи и получает от основного межсетевого экрана всю информацию, характеризующую состояние компонента TCP/IP, и специально сформированные «пакеты жизни» (heartbeat или advertizing message), которые

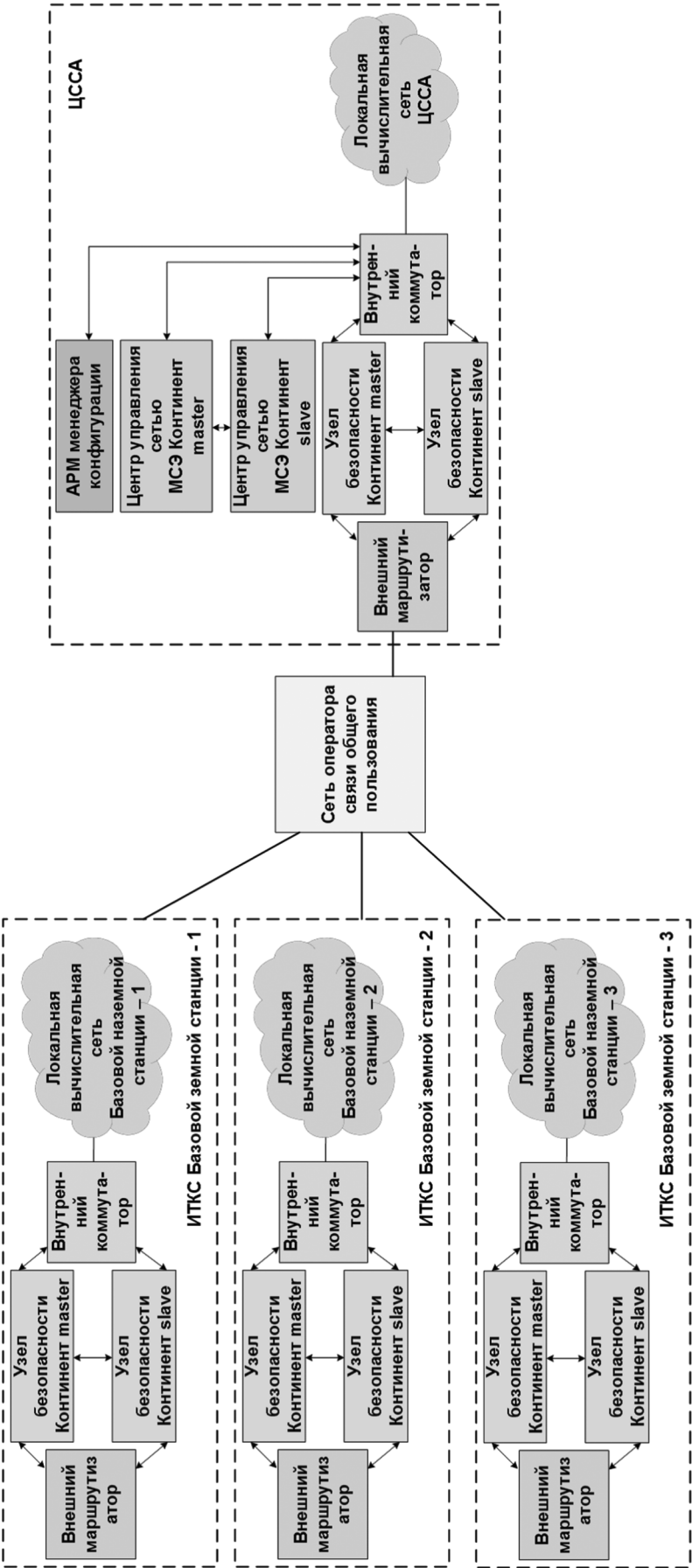


Рис. 2. Схема взаимодействия отказоустойчивых кластеров межсетевых экранов ЦССА

служат признаком того, что основной межсетевой экран работоспособен. Если пакетов нет слишком долго, считается, что основной межсетевой экран вышел из строя. При этом резервный межсетевой экран временно становится основным (temp master), разблокирует свои интерфейсы и берет на себя все функции по обработке трафика.

Если, после проведения ремонта или замены, основной межсетевой экран становится снова доступен и начинает генерировать пакеты жизни, резервный межсетевой экран возвращается в состояние ожидания. Кроме обмена пакетами жизни, выделенная линия связи между основным и резервным межсетевым экраном используется для синхронизации настроек и обмена информацией о текущих соединениях. [3]

- VPN-туннели. В комплексе «Континент» технология VPN позволяет создать защищенные каналы (туннели) между двумя узлами безопасности. За каждым из узлов безопасности, выполняющим функции шлюза, расположена локальная сеть или сегмент сети. При передаче трафика из одной защищаемой сети в другую в узлах безопасности выполняется шифрование данных до того, как они попадут в туннель, и расшифровка этих данных после того, как они туннель покинут;

В комплексе «Континент» L2VPN представляет собой виртуальный коммутатор, объединяющий сетевые интерфейсы узлов безопасности в распределенный сетевой мост. Сетевые интерфейсы узлов безопасности выполняют функции портов коммутации сетевого моста.

При добавлении портов разных узлов безопасности в один виртуальный коммутатор между такими узлами безопасности автоматически создаются VPN-туннели, обеспечивающие безопасную передачу Ethernet-кадров.

Между портами виртуального коммутатора осуществляется прозрачное прохождение служебного трафика по протоколам STP, RSTP, MSTP, MVRP, LACP, LLDP. Предусмотрено объединение портов узла безопасности в сетевой мост (bridge), который в свою очередь может быть включен в состав виртуального коммутатора. [4]

- шифрование информации. В VPN комплекса «Континент» используется криптографическая система, поддерживающая симметричное шифрование. Защищенное соединение между двумя узлами безопасности в сети осуществляется на ключах парной связи. Для шифрования данных используется алгоритм ГОСТ Р 34.12–2018 (Магма) в режиме гаммирования с обратной связью по шифртексту по ГОСТ Р 34.13–2018. Имитозащита данных осуществляется на базе ГОСТ Р 34.12–2018 (Магма) в режиме выработки имитовставки.

2. Сеть доступа НСК. Для обеспечения безопасности в сети доступа будут развернуты следующие элементы:

- в отказоустойчивом кластере узла безопасности необходимо настроить правила межсетевого экранирования;
- в отказоустойчивом кластере центра управления сетью необходимо развернуть центр сертификации, который включает в себя:
 - службу корневых сертификатов, которая осуществляет выпуск, пере выпуск и экспорт корневых сертификатов;
 - службу действующих сертификатов, которая подписывает запросы, осуществляет отзыв и экспорт выданных сертификатов;
 - службу отозванных сертификатов, которая осуществляет просмотр, экспорт и публикацию CRL.

Управление корневыми, выданными и отозванными сертификатами, так же, как и настройка центра сертификации, выполняются только средствами удаленного управления. Принцип функционирования службы сертификатов и ключей безопасности в ЦССА и базовой земной станции представлена на рисунке 3.

3. Объектовая сеть НСК. Объектовая сеть ЦССА и базовой земной станции предназначена для обеспечения прохождения информации от всех элементов локальной вычислительной сети ЦССА и базовой земной станции.

Для обеспечения функционирования безопасности объектовых сетей необходимо:

- развернуть домен ИТКС с правами разграничения доступа;
- выдать сертификаты (TLS) с отказоустойчивого кластера центра управления сетью.

2. Анализ специального программного обеспечения для управления компонентами

2.1. Менеджер конфигурации для управления Континентом 4 (Код Безопасности)

Менеджер конфигурации представляет собой программное средство, устанавливаемое на автоматизированное рабочее место (далее — АРМ) для управления политиками безопасности комплекса «Континент».

Функциональные возможности:

- управление узлами безопасности;
- администрирование комплекса;
- учет конфигураций узлов;
- перезагрузку и выключение узлов безопасности;
- диагностика работы комплекса. [7]

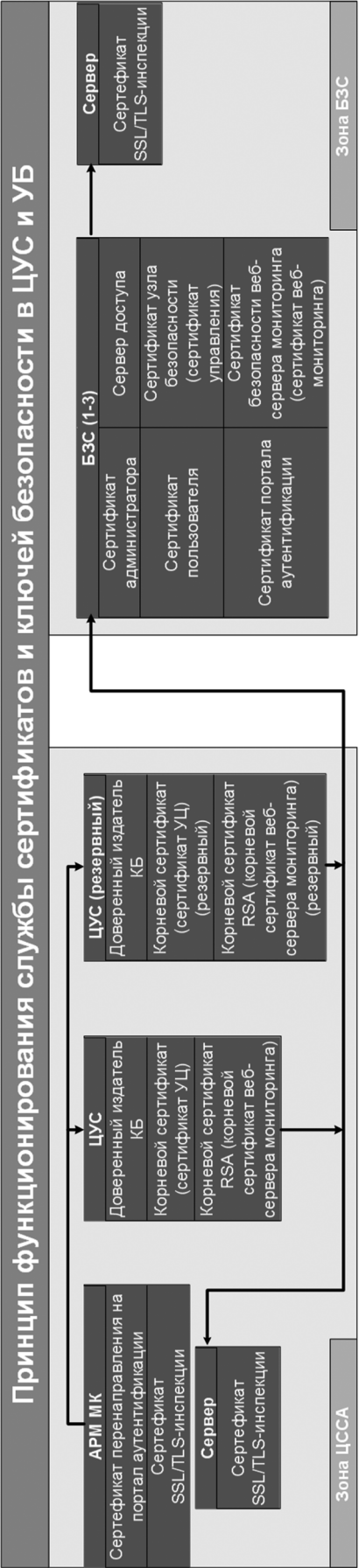


Рис. 3. Принцип функционирования службы сертификатов и ключей безопасности в ЦССА и базовой земной станции

2.2. ECCM для управления сетевым оборудованием (Eltex)

ECCM (Eltex Cloud Configuration Manager) — система, предназначенная для инвентаризации, управления и мониторинга сетевого оборудования Eltex. Автоматизирует задачи по конфигурированию и обновлению оборудования, осуществляет непрерывный мониторинг работы сети для быстрого реагирования и устранения возникающих неисправностей.

Функциональные возможности:

- выполнение операций на отдельных устройствах: перезагрузка, обновление ПО, редактирование конфигурации;
- подключение к устройству с помощью эмулятора терминала;
- группировка устройств и ограничение доступа пользователей;
- отслеживание состояния устройств в реальном времени;
- сбор, хранение и анализ инвентарных данных и метрик с устройств;
- прием, фильтрация и анализ Syslog-сообщений устройств. [8]

2.3. Континент TLS-сервер (Код Безопасности)

TLS-сервер предназначен для обеспечения доступа удаленных пользователей к защищаемым ресурсам в локальной сети с шифрованием трафика между рабочими местами пользователей и TLS-сервером.

Сервер решает следующие задачи:

- подключение удаленных пользователей и установление защищенного соединения после успешной двусторонней аутентификации с использованием несимметричной криптографии;
- защита передаваемых данных с использованием сертифицированных отечественных криптографических алгоритмов.

Функциональные возможности:

- настройка параметров журналирования;
- управление сертификатами безопасности;
- настройка оповещений;
- управление лицензиями.

2.4. Единый центр управления Dallas Lock

ЕЦУ Dallas Lock — это единый кросс-платформенный центр управления.

Функциональные возможности:

- централизованное управление решениями продуктовой линейки Dallas Lock;

- удаленная настройка, а также сбор журналов и отчетов с рабочих станций и серверов;
- контроль целостности настроек сетевого оборудования по протоколам SNMP и SSH и сбор событий по Syslog;
- интеграция со сторонними продуктами:
 - а) Антивирус Kaspersky;
 - б) SIEM-системы;
 - в) Active Directory.

В результате анализа можно сделать вывод, что специальное программное обеспечение не обеспечивают управление компонентами различных производителей. Это ограничение может привести к снижению быстрого реагирования на инциденты и их нейтрализации. Важно учитывать этот фактор при выборе специального программного обеспечения, особенно в контексте необходимости взаимодействия с многообразием аппаратных и программных решений.

Характер задач и условий управления программным обеспечением информационной безопасностью в наземной информационно-телекоммуникационной сети среднеорбитальной системе спутниковой связи «СКИФ» определяет проблему оптимизации управления. Принятия наиболее целесообразного и обоснованного решения в этих условиях — задача весьма сложная, что обусловлено рядом обстоятельств:

- неполнотой и недостоверностью сбора информации от СЗИ;
- сложностью и ограниченными возможностями СЗИ противодействия инцидентами информационной безопасностью в корпоративных и глобальных сетях связи;
- ограниченными по времени и ресурсам алгоритмов противодействия, возникающим угрозам информационной безопасностью, исходящих как из внешней сети так из локальных сетей объекта размещения.

3. Выбор оптимального специального программного обеспечения

В связи с этим, условиями оптимального управления процессом обеспечения информационной безопасностью будут являться:

1. Управляющие воздействия, вырабатываемые на основе информации о состоянии объектов управления и внешней среды. Чем большей информацией располагает управляющий объект, находящийся в ЦССА, тем более обоснованным и эффективным будет решение по нейтрализации угроз информационной безопасности.

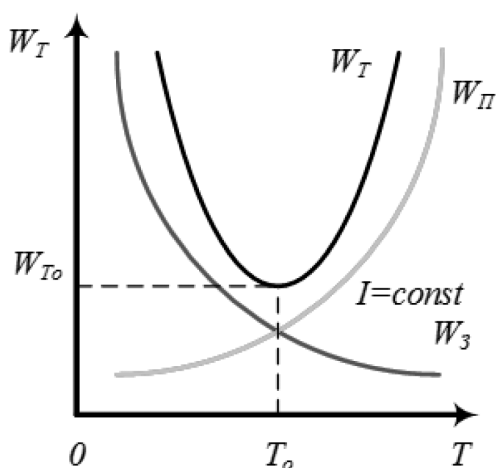
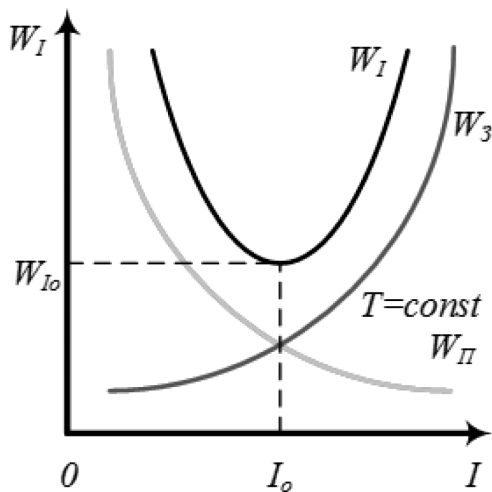
$$W_{\text{io}} = \min (W_{\text{п}}(I) + W_{\text{з}}(I)) \text{ при } T = \text{const},$$

где W_o — оптимальность управления;
 W_{Π} — плановая оптимальность управления;
 W_3 — затраченная оптимальность управления;
 T — время;
 I — количество информации.

2. Наряду с информированностью управляющий объект большое значение имеет оперативность управления, т. е. оперативность сбора и обработки информации состояния и выработки управляющих воздействий. Поэтому вторым условием оптимальности управления является минимизация временных потерь на реализацию цикла управления.

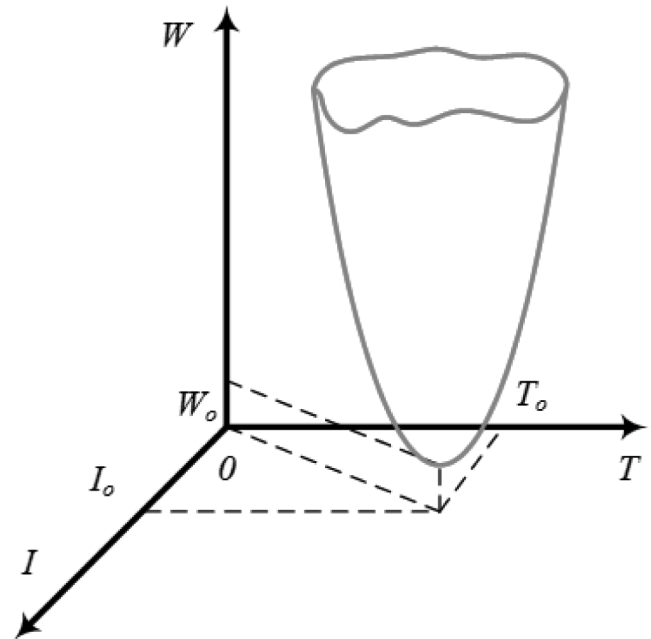
$$W_{Io} = \min (W_{\Pi}(I) + W_3(I)) \text{ при } T = \text{const},$$

$$W_{To} = \min (W_{\Pi}(T) + W_3(T)) \text{ при } I = \text{const}.$$



При управлении должны учитываться оба условия оптимального управления.

$$W_o = \min (W_{Io} + W_{To}).$$



Закон соответствия потребного и располагаемого времени при решении задач управления отражает одно из важнейших требований к управлению — его оперативность. Согласно данному закону, в процессе управления следует рассматривать два вида времени — располагаемое и потребное.

Располагаемое время — это то время, в который субъект должен уложиться при осуществлении какого-либо мероприятия, чтобы обеспечить его успех.

Потребное время — это время, которое необходимо затратить при осуществлении данного мероприятия. Благоприятный баланс времени обеспечивается лишь в том случае, если потребное время не превышает располагаемое. В том случае, когда потребное время оказывается больше располагаемого, образуется дефицит времени, который не позволяет выполнить то, что запланировано, с заданной эффективностью.

Закон зависимости эффективности решения задач управления от объема используемой информации выражает устойчивые связи и зависимости между качеством выполнения задач управления и объемом информации, используемой в интересах их решения.[6]

Для оптимизации процессом управления обеспечения информационной безопасностью в наземной информационно-телекоммуникационной сети средне-орбитальной системе спутниковой связи «СКИФ» предлагается использовать специальное программное обеспечения «Центр управления и мониторинга стойкой» 643.СПЕН.24051-01, которое позволит:

- оперативно выводить информацию о состоянии СЗИ и результатах её контроля;



МКОСБ

ALD

Jakarta

пароли

АСБ

Сервер безопасности №1

server1.t500 10.0.10.14

Astra Linux 1.6 4.15.3-177-generic

Процессор

5.9% из 4 CPU(s)

Память

2.4Gi из 16Gi

Диск

81G из 250G

ПС АРМ АБИ

Агент АРМ АБИ
Запущен

Анализатор логов (gfwz)
Запущен

Попыток входа в домен
14

Ошибка авторизации
5

Критических событий
2301

Открыть

Сервер безопасности №2

server1.t500 10.0.10.15

Astra Linux 1.6 4.15.3-177-generic

Процессор

12.4% из 8 CPU(s)

Память

5.2Gi из 16Gi

Диск

205G из 250G

Реубс-СОВ

Агент РЕБУС-СОВ (psAgent)
Запущен

Серверная часть РЕБУС-СОВ (psServer)
Запущен

Хостовая система обнаружения вторжения (snort)
Запущен

Анализатор логов (ossec-analysisd)
Запущен

Критических событий
64

Открыть

События

Поиск по событиям

Фильтр

25.10.2024 15:55:59 3 АРМ АБИ Порт открыт

25.10.2024 15:55:59 3 АРМ АБИ Порт открыт

25.10.2024 15:55:59 3 АРМ АБИ Порт открыт

25.10.2024 15:55:59 3 АРМ АБИ Порт открыт

25.10.2024 15:55:59 3 АРМ АБИ Порт открыт

25.10.2024 15:55:58 12 АСБ Ошибка при подключении к базе данных агента сервера безопасности

25.10.2024 15:54:49 0 АСБ Проверка аппаратной части АТМДЗ СОБОЛЬ успешно завершена

25.10.2024 15:54:24 0 РЕБУС-СОВ В ходе проверки целостности базы решающих правил для агента СОВ нарушений не выявлено

25.10.2024 15:54:16 8 АРМ АБИ Обнаружено нарушение конфигурации VT

25.10.2024 15:54:01 1 АРМ АБИ Отключение USB-накопителя

25.10.2024 15:53:59 1 АРМ АБИ Отключение USB-накопителя

25.10.2024 15:53:55 3 АРМ АБИ Создание файла в контролируемом каталоге

25.10.2024 15:53:55 3 АРМ АБИ Создание файла в контролируемом каталоге

25.10.2024 15:53:52 3 АРМ АБИ Создание файла в контролируемом каталоге

DRWEB

Статус
Обновление сервера
10.02.21

Обновление антивирусных баз
10.03.21

Количество угроз
21

Действующих лицензий
2

Открыть

Касперский сервер администрирования

Статус
Обновление сервера
-

Обновление антивирусных баз
-

Количество угроз
-

Действующих лицензий
-

Открыть

- гибко настраивать параметры выводимой информации и критерий оценки их значимости для обеспечения эффективности принятия решения по выбору алгоритма нейтрализации активных угроз;
- уменьшить время цикла управления по выявлению и устранению инцидента информационной безопасности ИТКС НСК.

Оптимизация рабочего пространства администратора безопасности информации СПО и применение специализированных методик поиска и нейтрализации инцидентов информационной безопасности позволяют сократить время обучения специалистов, а также нагрузку на них в процессе мониторинга ИТКС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проект «Сфера» переходит к практической реализации — Новости — Госкорпорация «Роскосмос» <https://www.roscosmos.ru/33771/> (дата обращения: 15.11.2024).
2. Главное. Предприятие Роскосмоса изготовит ещё четыре спутника связи «Скиф» для проекта «Сфера» — Новости — Госкорпорация «Роскосмос» <https://www.roscosmos.ru/40598/> (дата обращения: 15.11.2024).
3. Руководство по настройке ПО на базе операционной системы (программной оболочки) Dionis NX С 1.2–10 Hand UTM (2015).
4. Комплекс безопасности «Континент». Версия 4 Руководство администратора. Настройка VPN.
5. Проблемы информационной безопасности в интернете вещей Карев А.С., Бирих Э.В., Сахаров Д.В., Виткова Л.А. В сборнике: Интернет вещей и 5G. 2016. С. 66–70.
6. Технические аспекты управления с использованием сети интернет Алейников А.А., Билятдинов К.З., Красов А.В., Кривчун Е.А., Крысанов А.В. Монография / Санкт-Петербург, 2016.
7. Комплекс безопасности Континент Версия 4 Руководство администратора Управление комплексом.
8. Система управления сетевым оборудованием ЕССМ <https://eltex-co.ru/catalog/ессм> (дата обращения: 20.11.2024).

© Первушкина Алиса Артуровна (a.pervushkina@spean.ru); Сахаров Дмитрий Владимирович (sguard7@mail.ru);
Бегаяев Алексей Николаевич (a.begaev@inseq.ru); Кривцов Станислав Петрович (s.krivtsov@spean.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ САМООБУЧАЮЩАЯСЯ СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ

INTELLIGENT SELF-LEARNING FACIAL RECOGNITION SYSTEM

A. Rusakov

Summary. The intelligent self-learning recognition system is developed in Python and has a web interface in JavaScript React. The face recognition subsystem is based on the OpenCV, Dlib, Deepface libraries. This system is capable of not only recognizing faces, but it also has several mechanisms for self-learning, which distinguishes this system from numerous existing analogues. The article provides a description of the developed software suite and the basic principles of its operation.

Keywords: face recognition, artificial intelligence, image processing, machine learning, information security.

Русаков Алексей Михайлович

старший преподаватель,
МИРЭА — Российский технологический университет
rusakov_a@mirea.ru

Аннотация. Интеллектуальная самообучающаяся система распознавания разработана на Python и имеет веб интерфейс на JavaScript React. Подсистема распознавания лиц основывается на библиотеках OpenCV, Dlib, Deepface. Данная система способна не только распознавать лица, у неё также имеется ряд механизмов для самообучения, что выгодно отличает данную систему от многочисленных имеющихся аналогов. В статье приводится описание разработанного комплекса программных средств и основных принципов его работы.

Ключевые слова: распознавание лиц, искусственный интеллект, обработка изображений, машинное обучение, информационная безопасность.

Введение

Технологии распознавания лиц стремительно развиваются и становятся неотъемлемой частью нашей повседневной жизни. Они используются в системах безопасности, смартфонах, умных городах, банковской сфере и даже в розничной торговле для персонализации сервиса. Однако традиционные системы распознавания лиц имеют ограничения: их точность снижается при изменении внешности человека, варьирующемся освещении или нестандартных ракурсах [1-3].

Самообучающиеся системы распознавания лиц предлагают новый подход к решению этих проблем [2]. В отличие от статических алгоритмов, такие системы способны адаптироваться к новым условиям, обучаясь на поступающих данных. Они используют методы глубокого обучения, автоматически совершенствуя модели распознавания, минимизируя ошибки и повышая точность идентификации. Именно этому и посвящена данная работа.

Описание архитектуры системы

Перед разработанной интеллектуальной системой распознавания лиц были поставлены задачи, связанные не только с повышением качества распознавания лиц и разработкой новых алгоритмов и методов, а в первую очередь в построении информационно-аналитической системы мониторинга на основе современных методов и алгоритмов машинного обучения с механизмами самообучения. Таким образом перед разрабатываемой системой ставятся следующие основные задачи:

- Учет посещения занятий студентами на основе алгоритмов распознавания лиц в автоматическом режиме. Повышение мотивации к обучению за счет выявления проблем с посещаемостью у студентов на ранних стадиях.
- Нахождение на территории образовательного учреждения только авторизованных посетителей и моментально реагировать на появление нежелательных лиц как в здании, так и в периметре.
- Обучение и экзаменация. Решаются вопросы контроля за соблюдением установленных правил во время экзаменов и аттестаций.

На рисунке 1 представлена архитектура информационно-аналитической системы видео мониторинга.

Информационно-аналитическая система (ИАС) состоит из выделенного сервера и хостинга, отделенных межсетевыми экранами. Информационное взаимодействие между модулями ИАС происходит через API-интерфейсы.

На хостинге располагается веб-портал, на котором реализован функционал личного кабинета пользователя ИАС; сервис оповещений; сервис проверки корректности данных уведомления пользователей для их анализа в режиме онлайн с помощью методов машинного обучения и библиотеки экспертных данных; сервис аналитики данных; экспертная система видео аналитики.

На выделенном сервере располагается система загрузки открытых данных, система хранения актуальных данных, система видео аналитики.

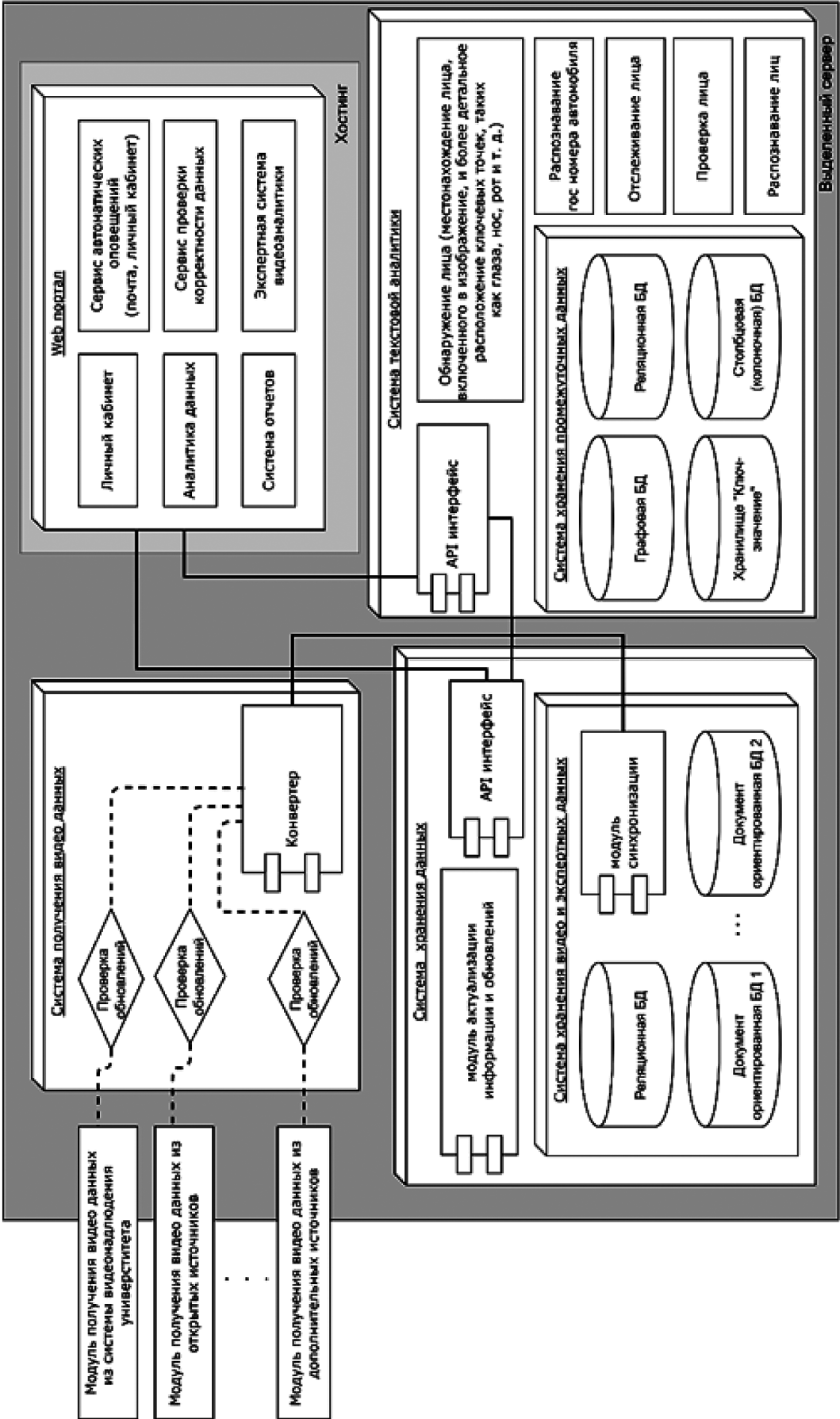


Рис. 1. Архитектура информационно-аналитической системы видео мониторинга

Система загрузки открытых данных представляет собой высоко производительную систему, обеспечивающую поиск и загрузку необходимых для анализа данных из различных источников.

Система хранения актуальных данных содержит в себе подсистему хранения открытых и экспертных данных, состоящую из реляционной базы данных для хранения библиотеки экспертных данных, видео архива. Для хранения экспертных данных предлагается использовать документ ориентированные NoSQL СУБД. Для организации своевременного обновления и актуализации данных используются модуль актуализации информации и обновлений, а также модуль синхронизации, который через конвертер производит проверку и синхронизацию обновлений с базами данных.

Проводимые исследования показали, что для успешного распознавания лица требуется, чтобы лицо было представлено не менее 160 пикселями, приходящимися на овал лица, и в идеале не менее 50 пикселей приходилось на расстояние между глазами. Таким образом имеющейся системы видеонаблюдения на начальном этапе вполне достаточно.

Аналитическим ядром информационной системы является система видео аналитики, для реализации которой используется язык программирования Python с библиотеками обработки изображений. Задачи, связанные с распознаванием лиц, включают в себя следующее:

- Обнаружение лица (предварительно определите местонахождение лица, включенного в изображение, и более детальное расположение ключевых точек, таких как глаза, нос, рот и т. д., Обложка изделия является типичным результатом обнаружения лица);
- Отслеживание лица (отслеживание изменений положения лица в видео);
- Проверка лица (введите два лица, чтобы определить, принадлежат ли они одному человеку);
- Распознавание лиц (введите лицо, чтобы определить, какой человек принадлежит ко всем записям в базе данных лиц);

Система распознавания лиц основывается на библиотеках OpenCV, Dlib, Deepface, а также на фреймворке mediapipe. На сегодняшний момент для распознавания лиц также используются: VGG-Face, Google FaceNet, OpenFace, Facebook DeepFace, DeepID, ArcFace и Dlib. Далее опишем наиболее важные библиотеки, используемые в проекте.

Библиотека OpenCV (Open Source Computer Vision Library: <http://opencv.org>) — это библиотека с открытым исходным кодом, которая включает в себя несколько сотен алгоритмов компьютерного зрения.

Библиотека Dlib — кроссплатформенная программная библиотека общего назначения, написанная на языке программирования C++. Основные функции: обработка изображений, классификация и распознавание фрагментов изображений с помощью алгоритмов машинного обучения.

Библиотека Deepface — это достаточно удобная библиотека для распознавания лиц и анализа атрибутов лица (возраст, пол, эмоции и раса) для Python. Основным между DeepFace и другими решениями состоит в том, что DeepFace использует метод выравнивания перед обучением нейронной сети. После выравнивания лица элементы области лица фиксируются на определенных пикселях.

Библиотека MediaPipe — кроссплатформенный фреймворк для настраиваемых решений в сфере машинного обучения для потокового мультимедиа контента.

Описание основных принципов работы системы

Программное обеспечение системы разработано на основе сервисной архитектуры и состоит из следующих сервисов. Полные исходные коды доступны в свободном доступе [4, 5]. Для запуска системы необходимо последовательно запустить каждый из сервисов в следующем порядке: «app.py», «capture_streamer.py», «process.py», «cleanerDB.py», «bot.py». Для увеличения производительности при наличии необходимых аппаратных ресурсов возможен запуск нескольких сервисов «process.py».

В репозиториях [4, 5] не содержится исходный код сервиса «video_enhance.py», поскольку реализация на языке программирования Python оказалась недостаточно производительной. Данный сервис можно заменить на любой другой программный модуль, способный обрабатывать изображения в нужном формате с целью фильтрации помех и улучшения изображений лиц. К сожалению, автором не удалось найти стабильно работающий программный продукт, полностью подходящий для этой задачи. Следует отметить, что система устойчиво работает и без этого сервиса.

В одном из финальных релизов были созданы docker образы всех сервисов. Однако для более наглядного представления работы сервисов в репозиториях приведены исходные коды без упаковки в docker образы. Для более удобной установки системы на любой компьютер добавлен файл «requirements.txt» для установки всех необходимых библиотек. Каждый из сервисов может работать как на отдельном компьютере, так и на одном компьютере. Данное обстоятельство позволяет существенно уменьшить время обработки и распознавания изображений и существенно снизить время отклика системы в целом.

Опишем функциональное назначение и принцип работы каждого из взаимодействующих сервисов.

Сервис «app.py». Данный сервис реализует API интерфейс отображения информации на web портале. Из этого интерфейса через точки входа «/dash/<int:id>», «/photo/<path: path>» и «/capture/ <path: path>» происходит выдача информации о последних распознанных лицах для отображения информации для web клиента. Сервис каждые 5–7 секунд обновляет данные из таблицы БД zdash и хранит в памяти данные о уже распознанных лицах. Описание формата таблиц БД приведено в таблице 1. Переменная «ID» — это номер данных распознанных лиц, начиная от 0, который постоянно увеличивается. Если новых данных нет, то в ответ на запрос, выводится сообщение «not_found».

Данный сервис рекомендуется переделать исключая циклические запросы с помощью технологии «long Pooling». Поменять формат данных чтобы исключить инкрементацию переменной ID. Для этого потребуется добавить точку входа с количеством распознанных лиц. Однако для исследовательского стенда даже в таком исполнении программное средство показывало устойчивую работу.

Сервис «bot.py». Данный сервис реализует функционал добавления фото пользователей и управления системой. В качестве платформы для взаимодействия с системой в самом первом приближении выбран бот в мессенджере Telegram. Удобство представлено, тем, что не нужно регистрировать хостинг и таким образом система может работать на одном компьютере. В сервисе реализован механизм защиты на основе пароля. Также имеются команды для добавления новых пользователей в систему. Возможность полной перезагрузки системы. Очистка всех данных.

Сервис «capture_streamer.py». Данный сервис реализует захват изображений лиц и их обрезку. В этом сервисе реализован функционал отображения распознанных изображений. Изначально было два разных сервиса, отдельно для отображения изображения – «streamer» и сервис захвата и обрезки лиц «capture». В представленном релизе [4, 5] эти два сервиса объединены в один.

Следует отметить, что для отображения распознанных лиц возможно применить стриминговые технологии такие как RSTP и другие (было опробовано в первых релизах). Однако при использовании стриминговых технологий связанных с передачей данных по сети появляется задержка около 2 секунд. Данный факт делает работу системы не комфортной. Найдено решение, за счет использования библиотеки «pyvirtualcam», которая позволяет рендерить изображения в виртуальную веб камеру из проекта OBS Studio. Данное решение позво-

ляет полностью избавиться от задержек. При этом если разделить этот сервис на два сервиса, то задержек также не будет.

В сервисе реализована логика для измерения расстояния между лицами которая позволяет отображать подпись к лицу даже если нет доступных качественных изображений с удовлетворительной точностью распознавания. Все подготовленные к распознаванию изображения лиц передаются в БД в таблицу z1frame (см. описание в табл. 1).

В данном сервисе возможна реализация проверки нахождения новых изображений для внесения в базу данных эмбедингов (сжатых портретов). Этот функционал вызывается из библиотеки «zdata.py», которая может быть установлена в любом окружении для любого из используемых сервисов.

Сервис «cleanerDB.py». Данный сервис реализует функционал проверки ошибок и очистки устаревших изображений. Чтобы разгрузить все остальные сервисы этот функционал был вынесен в отдельный сервис.

Сервис «playsound.py». Данный сервис реализует функционал проигрывания звуковых сопровождений для найденных и распознанных в текущий момент изображений лиц. Реализованы механизмы позволяющие избежать постоянных повторений звукового сопровождения, в случае если лицо постоянно находится в кадре. Данная задержка настраивается. Условно можно назвать наиболее подходящим значением данной задержки в 45 секунд.

Сервис «process.py». Данный сервис реализует непосредственно процесс распознавания лиц. В открытых репозиториях [4, 5] приводится функционал распознавания лиц на основе эмбедингов. Последовательно из таблицы БД «z1frame» извлекаются данные для получения эмбединга. После извлечения данных из таблицы БД «z1frame» – они удаляются. Получение эмбединга в среднем занимает около 0,2 секунд. Полученный эмбединг записывается в таблицу БД «zdata». Во время работы сервиса происходит сравнение полученных эмбедингов и тех эмбедингов, которые есть в таблице БД «zemb». Если найдено совпадение, то добавляются соответствующие данные в таблицу БД «zdash». Процедура сравнения вызывается получения эмбединга и сравнения эмбедингов вызывается из библиотеки «zdata.py».

В расширенной версии системы автором реализован функционал накопления изображений для последующего обучения нейронной сети, что позволяет существенно уменьшить время распознавания. Экспериментально получено то, что распознавание с помощью нейронной сети в 50 раз быстрее чем процесс получения эмбединга.

При этом обучение нейронной сети, выбор её архитектуры, оценка погрешностей является достаточно трудоёмкой задачей. Данная задача является научно-исследовательской, и будет интересна при изучении современных технологий машинного обучения.

Сервис «video_enhance.py». Данный сервис реализует функционал улучшения изображений по цвету, балансу белого, яркости и контрастности. Реализован механизм приближения к лицу за счёт цифрового увеличения изображений. Следует отметить, что данный сервис достаточно требователен к ресурсам оборудования и сопоставим в этом отношении с сервисом «capture_streamer.py». В репозиториях [4,5] данный функционал не используется.

Сервис «zdata.py». Данный сервис реализует функционал получения сжатых портретов изображений (эмбедингов) для их загрузки во внутреннюю базу данных системы. Реализован механизм сравнения эмбедингов. Данные заносятся в таблицу БД «zemb». Запускать данный сервис не требуется, так как его запускают сервисы «bot.py», «capture_streamer.py» и «process.py». В технических целях если просто запустить сервис «zdata.py» без параметров, то происходит очистка БД таблицы «zemb». Сервис позволяет загружать наборы эталонов изображений лиц в виде простых файлов. Далее опишем формат хранения информации изображений лиц.

Описание формата хранения информации изображений лиц

Обработка изображений происходит в режиме реального времени. Все взаимодействие между сервисами

выполнено через БД. Для загрузки новых изображений в БД используется библиотека «zdata.py», которую также можно запустить как отдельный сервис. Таким образом библиотека «zdata.py» является библиотекой для обработки изображений и должна быть установлена для сервисов «app.py», «bot.py», «capture_streamer.py», «process.py». При загрузке данных необходима фотография в формате «JPEG» на которой изображение лица занимает не менее 200x300 пикселей. На каждом изображении должно быть только одно лицо. При запуске приложения в первый раз выполняется процедура получения эмбедингов вызываемая из библиотеки «zdata.py». Далее получение эмбедингов выполняется исходя из потребностей работы системы через сервисы «bot.py» и «capture_streamer.py» (при добавлении новых изображений в ручном режиме).

На рисунке 2 представлен пример содержимого папки для загрузки данных о распознаваемых лицах в БД. Каждая из подпапок содержит файлы: «data.txt» (менять имя файла не допускается), файл с изображением лица и файл со звуковым приветствием. Файл со звуковым приветствием не является обязательным и если его нет в папке, то будет звучать общее звуковое приветствие для распознанных лиц. Если файл звукового сопровождения есть, то он должен быть прописан в файле «data.txt» в четвертой строке.

Описание формата файла «data.txt» имеет следующий вид (пример показан на рисунке 2):

- В первой строке файла «data.txt» должна быть информация, которая будет отображаться большим шрифтом рядом с рамкой распознанного изображения лица.

Имя	Дата изменения	Тип
ArtemovaSV	04.02.2025 1:41	Папка с файлами
Bakaev	04.02.2025 1:41	Папка с файлами
FisenkoGV	04.02.2025 1:41	Папка с файлами
GlobenkoOA	04.02.2025 1:41	Папка с файлами
RogovIE	04.02.2025 1:41	Папка с файлами
RomanovMP	04.02.2025 1:41	Папка с файлами
Rusakov	04.02.2025 1:41	Папка с файлами
SamoginAS	04.02.2025 1:41	Папка с файлами




data.txt

1 Русаков Алексей Михайлович
 2 Директор проекта "Персона ИД" РТУ МИРЭА
 3 Rusakov.jpg

Рис. 2. Формат хранения исходных изображений лиц для распознавания системы «Персона-ИД»

- Во второй строке файла «data.txt» должна быть информация с должностью или описанием, которая будет отображаться обычным шрифтом рядом с рамкой распознанного изображения лица.
- В третьей строке файла «data.txt» должна быть информация о имени файла с изображением лица.
- В четвертой строке файла «data.txt» должна быть информация о имени файла со звуковым приветствием в формате «MP3».

Описание структуры таблиц в базе данных

Для работы системы были опробованы разные типы и виды БД: Tarantool, Redis, PostgreSQL. Наиболее быстрым оказалось решение с использованием Redis и структур «Sorted Sets». Довольно неплохие результаты были достигнуты с использованием БД «Tarantool». Однако для простоты и удобства запуска в [4, 5] даны исходные коды для БД PostgreSQL. Там же для удобства установки БД даны конфигурационные файлы Docker и резервная копия пустых таблиц.

Программное обеспечение функционирует, используя четыре таблицы: «z1frame», «zemb», «zdata», «zdash». Описание и команды для их создания проводятся в таблице 1.

Результаты апробации

Разработанная система состоит из веб клиента и серверной части. Веб клиент можно оформить под разные задачи. На рисунках 3 и 4 приведен пример использования данного программного средства на первой всероссийской научно-практической конференции с международным присутствием «Россия в Десятилетии ООН наук об океане» 2022 год г. Москва в качестве средства регистрации участников.

Для всех приглашенных участников конференции были заранее загружены их фотографии в базу данных системы. При получении Бейджа каждый из участников услышал звуковое сопровождение с приветствием. Конференция продлилась 4 дня и в последний день данных фотографий лиц было собрано достаточно чтобы обучить нейронную сеть и распознавать присутствующих в кадре быстрее, чем с использованием эмбедингов.

На рисунке 4 представлен общий вид места регистрации участников конференции с работающей системой.

Таблица 1.

Список таблиц в БД с их описанием

Наименование таблицы	Описание таблицы	SQL команда для создания таблиц
z1frame	Таблица, в которую добавляется обрезанное изображение лица сервисом «capture_streamer.py». Из этой таблицы обрезанное изображение лица забирает в обработку сервис «process.py».	CREATE TABLE public.z1frame (id bigint NOT NULL, frame bytea, milliseconds numeric, timestr character (40), bbox text);
zemb	В таблице хранятся эмбединги изображений лиц с их описанием для распознавания пользователей системы. Данная таблица используется сервисом «process.py». В эту таблицу добавляются данные о сервисом «zdata.py»/	CREATE TABLE public.zemb (id bigint NOT NULL, emb text, filename text, name text, «desc» text, sound text);
zdata	Данная таблица используется сервисом «process.py» для определения какие лица присутствуют в кадре.	CREATE TABLE public.zdata (id bigint NOT NULL, zjson text, milliseconds bigint, timestr character(40));
zdash	В таблице хранится информация о тех лицах, которые находятся в кадре в текущий момент. Данные из этой таблицы используются сервисом «app.py» для формирования информации, выводимой на веб портал.	CREATE TABLE public.zdash (id bigint NOT NULL, milliseconds bigint, timestr character(40), photo text, name text, capture text, name_id bigint);

Заключение

Отлаженный исходный код системы доступен в свободном доступе в [4, 5]. К сожалению, в статье не удалось отобразить большую часть опыта при её разработке. Автор всегда готов ответить на возникающие вопросы при реализации схожих проектов. Данный проект до сих пор продолжает свою работу в различных интерпретациях для обучения студентов современным технологиям. Например, в [3] приводится одна из возможных реализаций данного проекта с использованием одноплатного компьютера.



Рис. 3. Использование системы для регистрации участников на конференции



Рис. 4. Использование системы для регистрации участников на конференции (общий вид)

ЛИТЕРАТУРА

1. Yarovoy P.A. Applying intelligent systems for face recognition on images / P.A. Yarovoy // Молодежь. Общество. Современная наука, техника и инновации. — 2021. — No. 20. — P. 275–277. — EDN SSPSKZ.
2. The Study of Mathematical Models and Algorithms for Face Recognition in Images Using Python in Proctoring System / Sh. U. Niyazbekova, A.A. Nurpeisova, A. Shaushenova [et al.] // Computation. — 2022. — Vol. 10, No. 8. — DOI 10.3390/computation10080136. — EDN EBUQYC.
3. Колмаков Н.П. Система распознавания лиц для одноплатных компьютеров на основе методов машинного обучения / Н.П. Колмаков, А.М. Русаков // Научный взгляд в будущее. — 2021. — Т. 1, № 21. — С. 50–63. — DOI 10.30888/2415–7538.2021–21-01-027. — EDN PRPENK.
4. Исходный код интеллектуальная самообучающаяся система распознавания лиц «Персона ID» URL: <https://github.com/RusAI84/PersonalID/>
5. Исходный код интеллектуальная самообучающаяся система распознавания лиц «Персона ID» (зеркало на территории России) URL: <https://gitverse.ru/RusAI84/PersonalID/>

© Русаков Алексей Михайлович (rusakov_a@mirea.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИНТЕГРАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ПОСТАВЩИКАМИ В МАЛОМ БИЗНЕСЕ В ОБЛАСТИ РОЗНИЧНОЙ ПРОДАЖИ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ

INTEGRATION OF INFORMATION SYSTEMS FOR OPTIMIZING INTERACTION PROCESSES WITH SUPPLIERS IN SMALL BUSINESSES IN THE FIELD OF RETAIL SALES OF CONSTRUCTION MATERIALS

**A. Yakovlev
A. Svishchev**

Summary. This article discusses the features of evaluating suppliers in small businesses operating in the field of sales of building materials. The limitations of standard solutions are analyzed, and a concept of a specialized system based on 1C, adapted to the needs of such enterprises, is proposed. The key criteria for evaluating suppliers, the structure of the logical model of the system and the principles of process automation, including integration with other information solutions, are described.

Keywords: information systems, small business, suppliers, building materials, 1C, digitalization.

Яковлев Андрей Максимович

МИРЭА — Российский технологический университет
(РТУ МИРЭА), г. Москва
dallas.mimimi01@gmail.com

Свищёв Андрей Владимирович

Старший преподаватель, МИРЭА — Российский
технологический университет (РТУ МИРЭА), г. Москва
svishchev7@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются особенности оценки поставщиков в малом бизнесе, работающими в сфере продажи строительных материалов. Анализируются ограничения стандартных решений и предлагается концепция специализированной системы на базе 1С, адаптированной под потребности таких предприятий. Описаны ключевые критерии оценки поставщиков, структура логической модели системы и принципы автоматизации процессов, включая интеграцию с другими информационными решениями.

Ключевые слова: информационные системы, малый бизнес, поставщики, строительные материалы, 1С, цифровизация.

На сегодняшний день цифровые технологии стремительно развиваются и находят широкое применение в различных сферах бизнеса. Одним из ключевых направлений становится автоматизация работы с поставщиками, которая позволяет предприятиям повышать эффективность закупочных процессов, минимизировать риски и улучшать взаимодействие с контрагентами [1]. Оптимальная организация взаимоотношений с поставщиками позволяет не только гарантировать высокое качество товаров и своевременность их доставки, но и повысить экономическую устойчивость предприятия. Однако традиционные методы оценки поставщиков зачастую требуют значительных временных и ресурсных затрат, а также подвержены субъективным факторам, в связи с чем актуальной становится задача поиска решений, способных оптимизировать данный процесс, минимизировать риски и повысить объективность принимаемых решений [2].

В последние годы особое внимание уделяется внедрению систем, способствующих оптимизации управления поставками. Если ранее такие решения использовались преимущественно крупными компаниями, то

сегодня они становятся все более востребованными среди малого бизнеса [3].

Существует ряд ключевых факторов, оказывающих существенное влияние на деятельность предприятий в рассматриваемом сегменте. К наиболее значимым из них относятся:

- ограниченность финансовых ресурсов;
- зависимость от надежности поставок [4];
- отсутствие значительного резервного фонда средств на покрытие рисков [5];
- ограниченный штат сотрудников, где один человек часто выполняет несколько функций [6];
- высокая конкуренция в сегменте продажи строительных материалов.

Автоматизация процессов могла бы снизить нагрузку, но ее внедрение затруднено из-за финансовых ограничений и нехватки квалифицированных специалистов [7]. Высокая конкуренция и сезонные колебания спроса усложняют долгосрочное планирование, требуя от предприятий гибкости и оперативности в реагировании на изменения рынка.

Сложившиеся особенности малого бизнеса в сфере продажи строительных материалов делают использование крупных информационных систем проблематичным и зачастую нерентабельным. Большинство распространенных решений, таких как полнофункциональные ERP-системы, платформы управления цепочками поставок или специализированные системы автоматизации крупных розничных сетей, ориентированы на предприятия с высоким уровнем операций, крупными финансовыми ресурсами и сложной структурой бизнеса. Малые же компании, имея ограниченные бюджеты и небольшое число сотрудников, вынуждены искать альтернативные, более доступные решения. Однако на рынке таких решений сравнительно немного, и большинство из них требует значительной адаптации под нужды малого бизнеса.

Одной из ключевых проблем крупных решений является их высокая стоимость. Даже при рассмотрении облачных подписочных моделей, где начальные затраты ниже, совокупная стоимость всех ежемесячных выплат также требует значительных вложений. В качестве предлагаемого решения выступает проект, адаптированный к специфическим условиям малых организаций в сфере продажи стройматериалов. Решение сочетает доступность, простоту внедрения, возможность интеграции с существующими инструментами.

Отбор поставщиков играет ключевую роль в стратегическом управлении предприятием, напрямую влияя на его рентабельность и эффективность. При выборе партнера в первую очередь следует учитывать следующие факторы: качество продукции, стоимость продукции и финансовая надежность контрагентов. Для эффективного процесса оценки поставщиков в системе выделяется несколько ключевых участников, каждый из которых выполняет определенную роль (Таблица 1).

Владельцем данного процесса, осуществляющим контроль его выполнения, является главный бухгалтер. Он стоит за деятельностью отдела закупок и бухгалтерии и помогает в решении возникающих инцидентов, препятствующих выполнению процесса.

Следующим шагом является исследование влияния системы на выполнение процесса при внедрении. С этой целью будет произведено построение диаграмм IDEF0, отражающих целевой вид выполнения бизнес-процесса отбору поставщиков на примере малой розничной сети. Для удобства восприятия подпроцессы и информационные потоки, обновленные путем внедрения ИС, выделены зеленым цветом. На рисунке 1 представлена контекстная диаграмма, а на рисунке 2 её декомпозиция.

В качестве декомпозируемого подпроцесса выделен «Провести тестирование образцов», в рамках которого специалистом по контролю качества производится

Таблица 1.
Распределение ролей пользователей

Актор	Задачи
Специалист по закупкам	Отвечает за взаимодействие с потенциальными поставщиками, ведет переговоры и собирает необходимые данные, обеспечивая полное представление о возможностях контрагентов
Ассистент специалиста по закупкам	Оказывает поддержку в процессе оценки поставщиков, анализируя ценовые предложения, условия сотрудничества и выявляя наиболее выгодные варианты
Специалист по контролю качества	Занимается определением требований к материалам, формирует перечень характеристик, которым должны соответствовать поставляемые товары, а также участвует в тестировании образцов, оценивая их соответствие установленным стандартам
Бухгалтер	Оценивает финансовое состояние поставщиков, анализируя их платежеспособность, наличие задолженностей и финансовую устойчивость на основе отчетности и данных из официальных реестров

оценка образцов материалов с производства контрагента. При завершении процессов оценки системой формируется рейтинг контрагентов, отражающий потенциальных партнеров и полученные ими оценки. Декомпозиция подпроцесса представлена на рисунке 3.

В рамках проекта составляется логическая модель данных, отражающая ключевые информационные элементы, которые необходимо учитывать и хранить в базе. Модель представляет собой схематическое отображение взаимосвязей между информационными объектами (Рисунок 4). Также будет построена и физическая модель данных, нацеленная на реализацию логики на аппаратных ресурсах средств вычислительной техники (Рисунок 5).

Для реализации автоматизированной системы оценки поставщиков было принято решение разработать конфигурацию на платформе 1С. Такой выбор обусловлен несколькими ключевыми факторами, которые делают 1С оптимальным решением для малого бизнеса на территории Российской Федерации [1]. Ниже представлена сравнительная таблица, отражающая характеристики 1С и аналогов (см. табл. 2).

Как видно из таблицы, 1С является наиболее доступным и адаптируемым решением для малого бизнеса. Внедрение в среднем занимает от одного до трех месяцев, что значительно быстрее по сравнению с зарубежными аналогами. Также 1С полностью соответствует требованиям российской налоговой системы и бухгалтерского учета, что снижает затраты на интеграцию и поддержку, что предельно важно во время роста значимости импортозамещения в бизнесе.

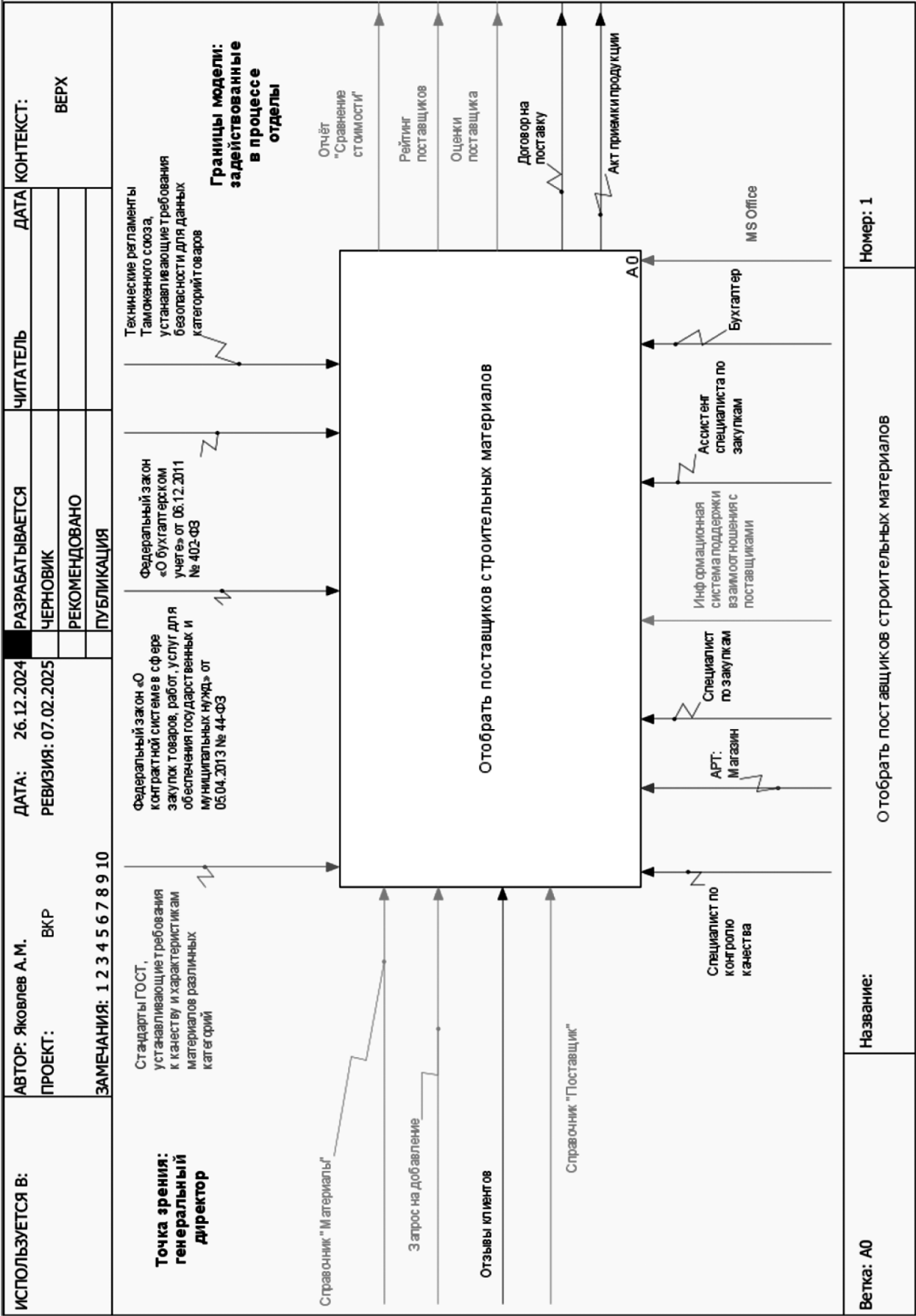


Рис. 1. Контекстная диаграмма бизнес-процесса «Отобрать поставщиков строительных материалов» (TO BE)

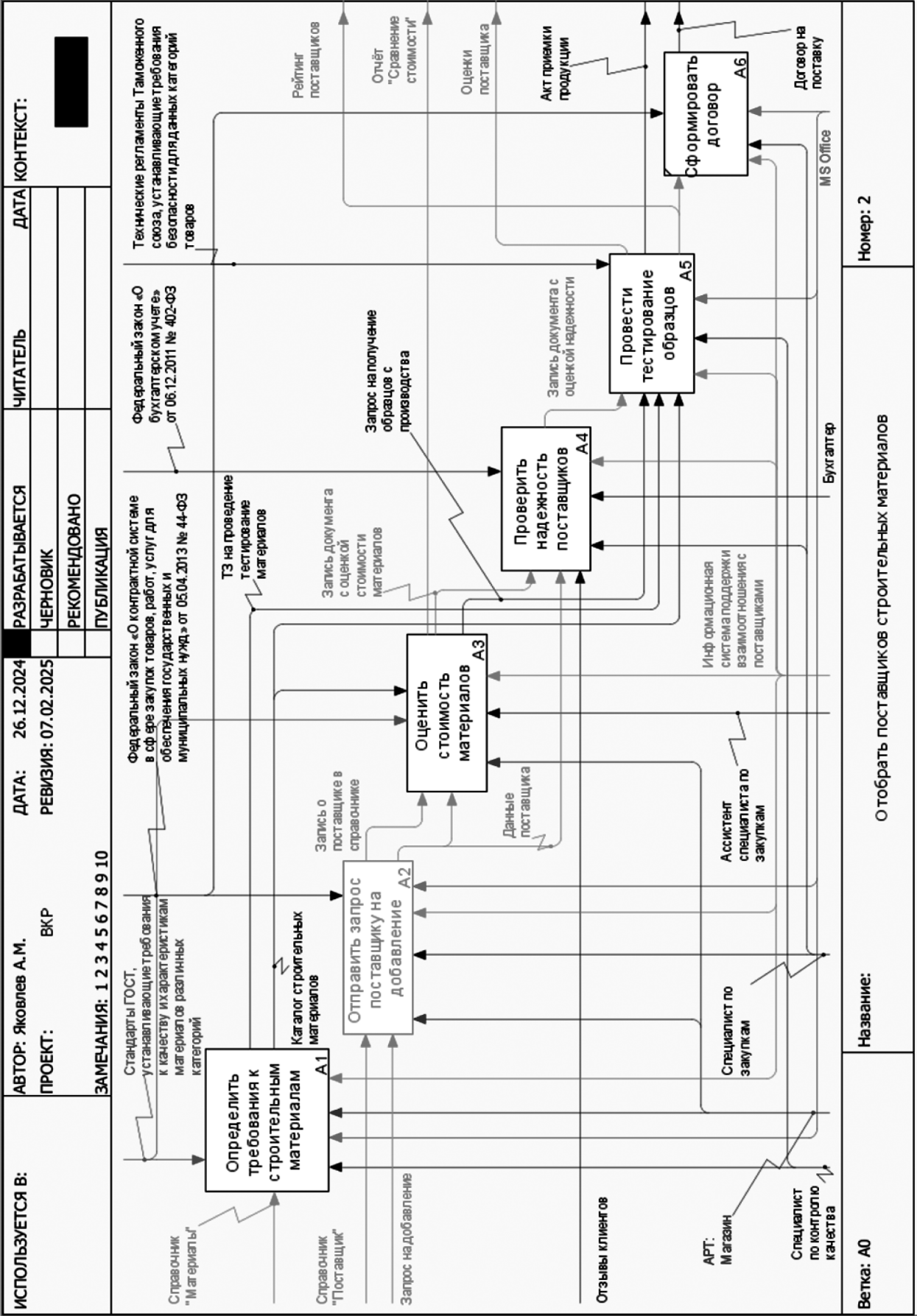


Рис. 2. Декомпозиция контекстной диаграммы бизнес-процесса «Отобрать поставщиков строительных материалов» (TO BE)

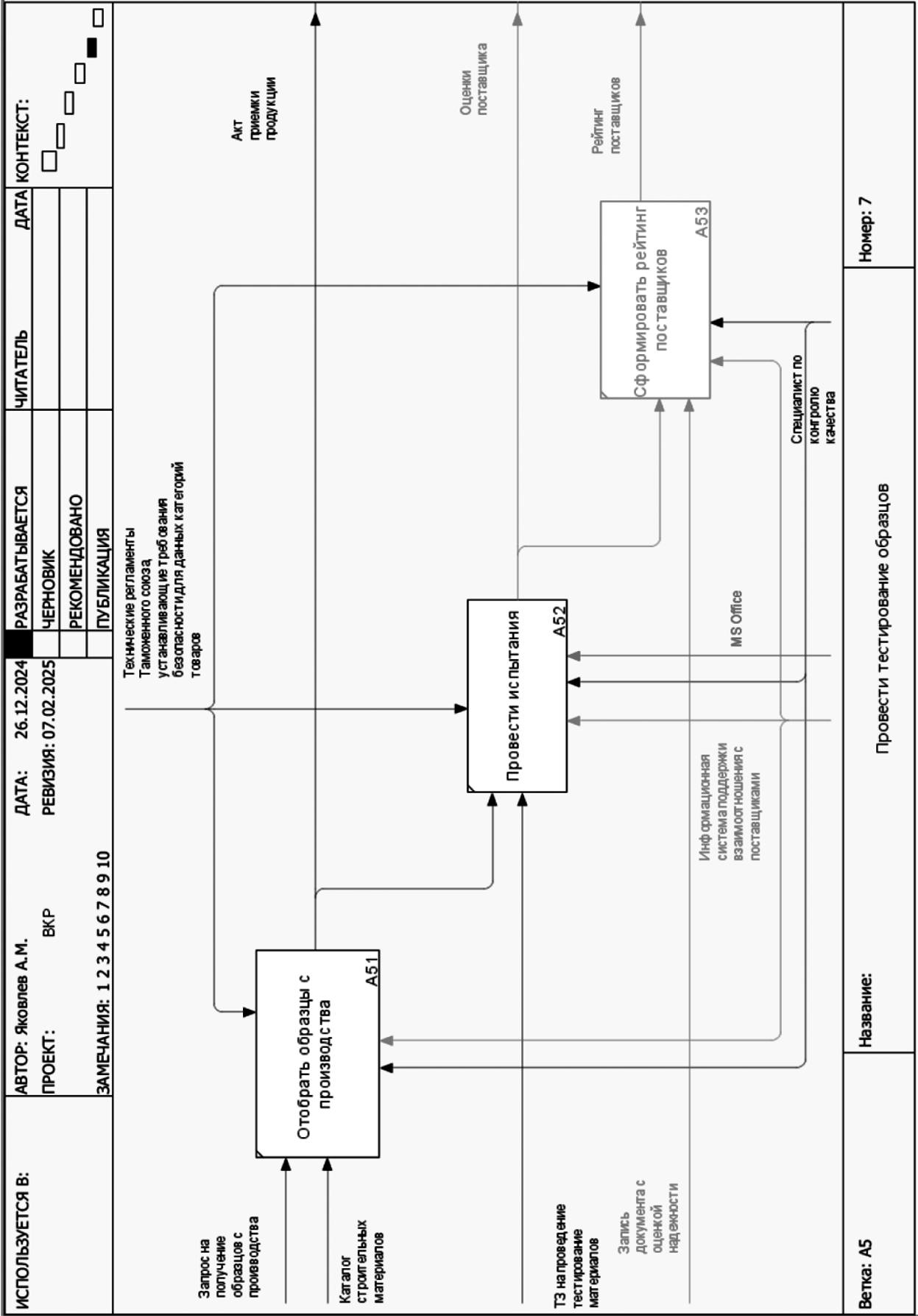


Рис. 3. Декомпозиция подпроцесса «Провести тестирование образцов» (TO BE)

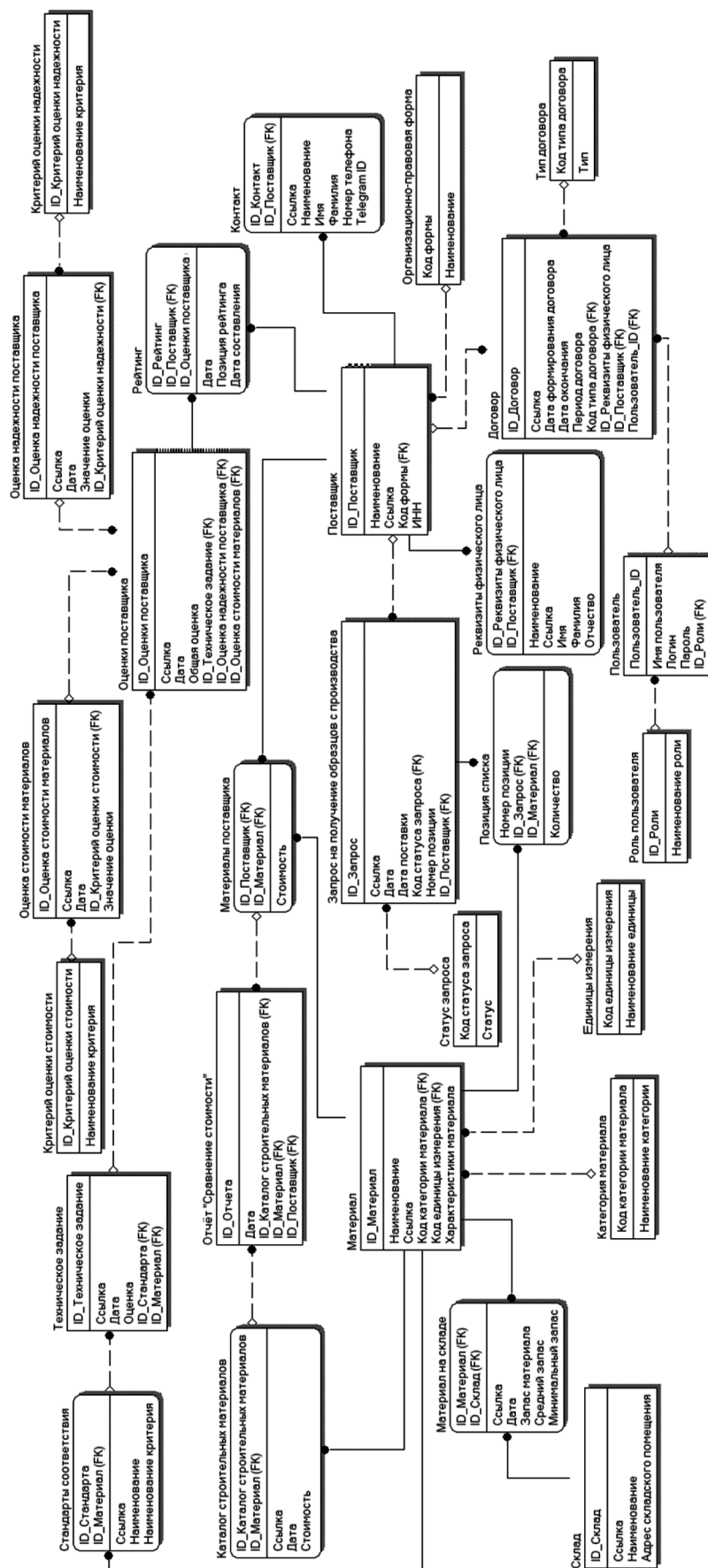


Рис. 4. Логическая модель данных проектируемой ИС поддержки взаимоотношений с поставщиками

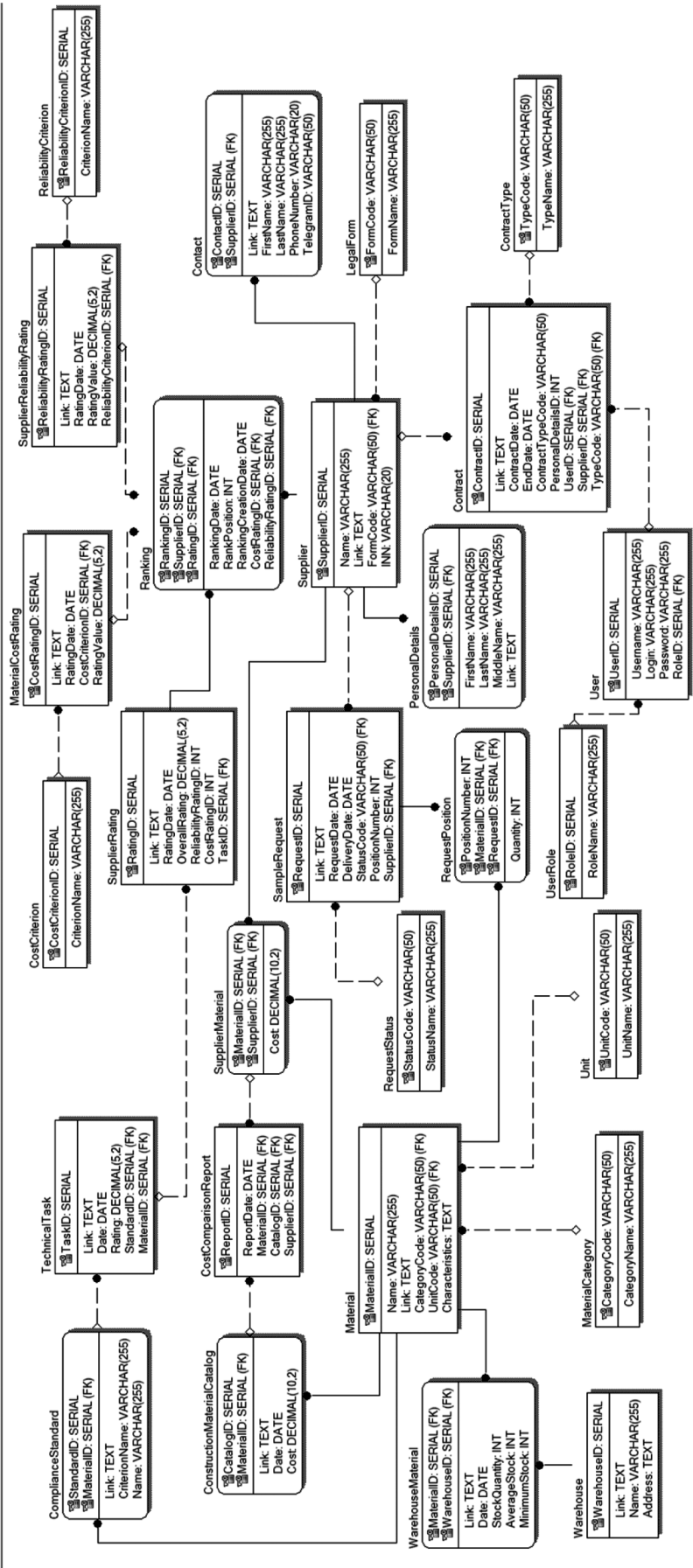


Рис. 5. Физическая модель данных проектируемой ИС поддержки взаимоотношений с поставщиками

Таблица 2.
Сравнительная характеристика прикладных решений

Критерий	1С: Предприятие 8	SAP Business One	Microsoft Dynamics 365
Стоимость лицензии	от 15 000 руб.	от 150 000 руб.	от 100 000 руб.
Стоимость корпоративной лицензии	от 300 000 руб.	от 2 000 000 руб.	от 1 500 000 руб.
Средняя стоимость внедрения	от 100 000 руб.	от 1 000 000 руб.	от 700 000 руб.
Затраты на поддержку (год)	10–20% от стоимости лицензии	15–25% от стоимости лицензии	20–30% от стоимости лицензии
Локализация под российский бизнес	Полная (все налоговые и бухгалтерские требования)	Частичная	Частичная

Одним из главных преимуществ является простота разработки. Платформа 1С предоставляет удобные инструменты для создания и модификации функционала, что позволяет быстро адаптировать систему под изменяющиеся бизнес-процессы, что особенно важно для малого бизнеса, где гибкость и возможность оперативных изменений играют ключевую роль. Еще одно важное преимущество — высокая масштабируемость решений на базе 1С. Система легко расширяется и модернизируется, что делает её актуальной как для небольших компаний, так и для организаций, планирующих дальнейшее расширение. Благодаря этому внедрение 1С не требует кардинальной смены инфраструктуры при расширении бизнеса. Кроме того, 1С обладает высокой степенью интеграции с другими продуктами экосистемы, что позволяет объединить бухгалтерский, складской и управленческий учет в единой среде, за счет чего обеспечивается целостность данных. Также на рынке присутствует большое количество квалифицированных разработчиков и специалистов по внедрению, что делает сопровождение и поддержку системы более доступными по сравнению с зарубежными аналогами. Пользователи ценят 1С за его интуитивно понятный интерфейс и обширный функционал, соответствующий требованиям локального бизнеса.

Основные экраны и функциональные возможности будут представлены в виде скриншотов, что позволит продемонстрировать работу системы и её преимущества. Так на рисунке 6 представлен состав разработанной конфигурации, отражающий все выделенные подсистемы, роли пользователей, документы, отчеты и справочники.

Для хранения данных о поставщиках используется одноименный справочник (Рисунок 7), состав которого позволяет отобразить распространяемые контрагентом материалы.

Поставщики получают оценки в рамках документов «Оценка надежности поставщика», «Оценка стоимости материалов» и «Техническое задание», отражающих различные аспекты деятельности контрагента. При завершении процесса формируется результирующий документ «Оценки поставщика», который формирует итоговую оценку (Рисунок 8).

Расчет итоговой оценки производится по методу распределения весов. Следует рассмотреть вопрос значимости каждого критерия. Следует ввести переменные:

- w_P — вес категории «Стоимость материалов поставщика»;
- w_R — вес категории «Надежность поставщика материалов»;
- w_Q — вес категории «Качество поставляемой продукции».

Некоторые категории могут иметь большую важность в сравнении с другими. Специфика деятельности предприятий малого бизнеса требует сфокусироваться на стоимости, так как закупки по более выгодным ценам позволят получить краткосрочный прирост прибыли. Однако остальные критерии будут важны уже для долгосрочного развития. Исходя из этого, оптимальным соотношением весов будет баланс с легким перевесом в сторону стоимости материалов. Распределение весов представлено на таблице 3.

Таблица 3.
Распределение весов по категориям

Категория	Вес (w)
Надежность (R)	0,3
Качество (Q)	0,3
Стоимость (P)	0,4

Зная значения весов и баллов оценивания, можно перейти к расчету итогового балла поставщика. Обозначим его буквой f . Тогда итоговая оценка для контрагента рассчитывается по формуле 1:

$$f = w_P \times P + w_R \times R + w_Q \times Q \quad (1)$$

После завершения оценки контрагентов может быть сформирован рейтинг поставщиков, который позволит выбрать наиболее предпочтительный партнеров (Рисунок 9). Также приведен алгоритм проведения оценки качества продукции поставщика в формате блок-схемы (Рисунок 10).

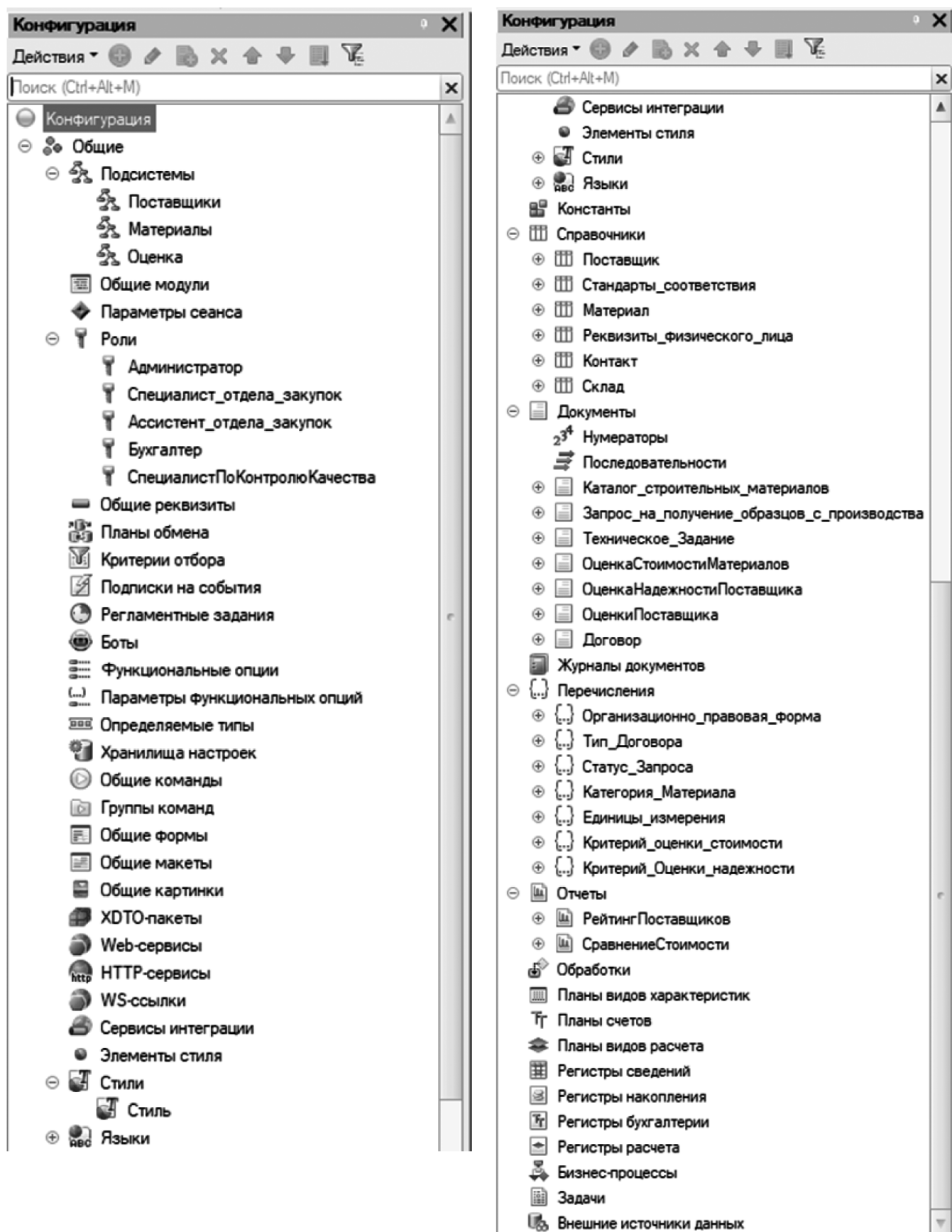


Рис. 6. Состав разработанного прототипа решения

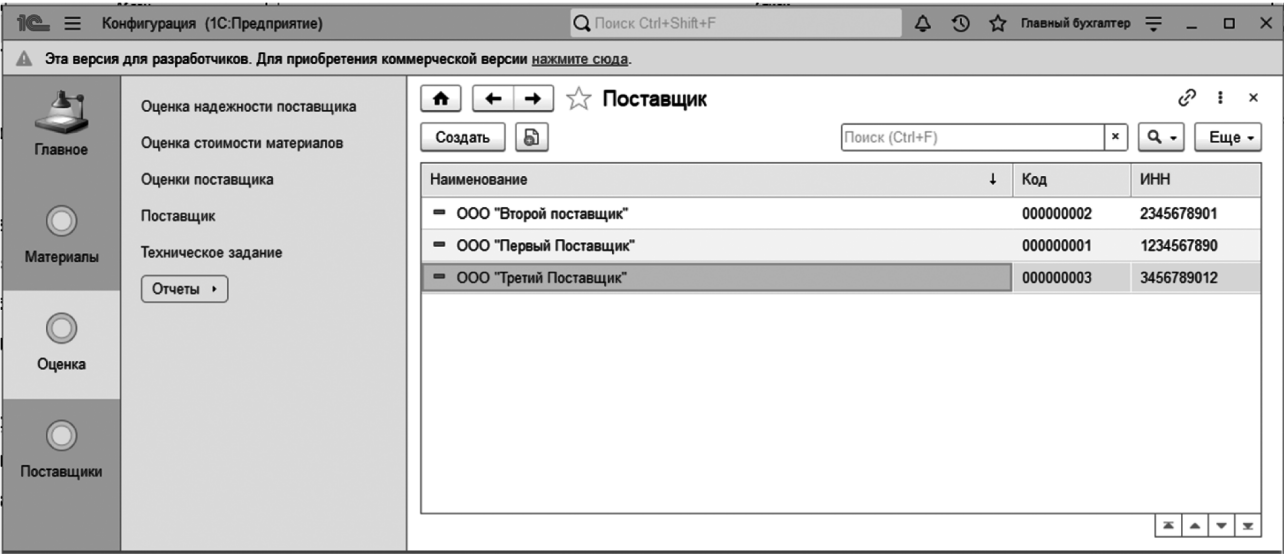


Рис. 7. Справочник «Поставщиков»

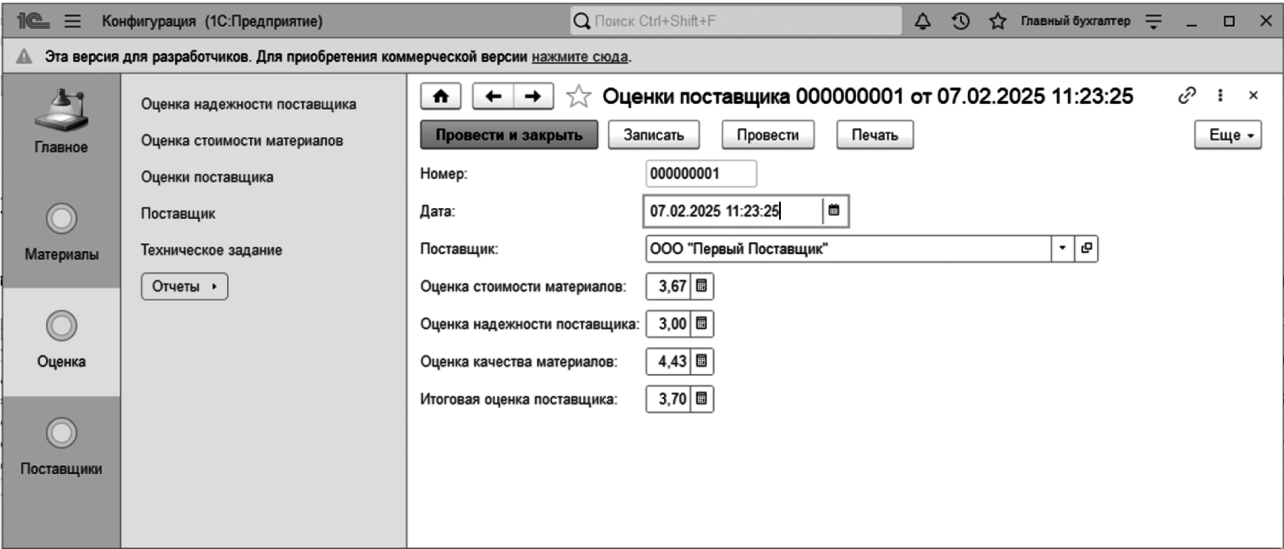


Рис. 8. Документ «Оценки поставщика»

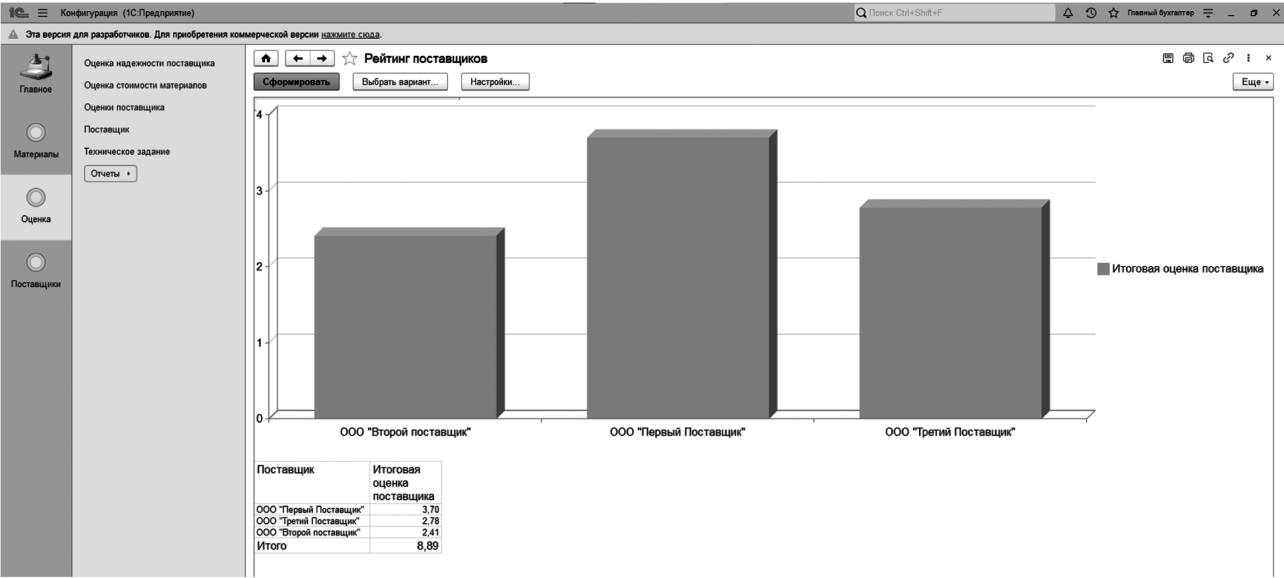


Рис. 9. Отчет «Рейтинг поставщиков»



Рис. 10. Алгоритм проведения оценки качества продукции в ИС

Разработанный концепт информационной системы для автоматизации процесса оценки поставщиков в малом бизнесе, занятом продажей строительных материалов, демонстрирует высокую степень адаптации к специфическим требованиям отрасли. При расширении бизнеса условная организация может добавить новые функциональные подсистемы, например, по закупкам. Использование платформы 1С обеспечивает гибкость, масштабируемость и простоту интеграции с уже существующими решениями, что делает её особенно привлекательной для небольших предприятий [3].

Предложенная система позволит значительно сократить время и трудозатраты на сбор и анализ информации о поставщиках, улучшить прозрачность взаимодействий и минимизировать риски, связанные с ненадежными контрагентами. Автоматизация оценки качества материалов, финансовой состоятельности поставщиков и других значимых факторов способствует повышению эффективности закупочного процесса, что, в свою очередь, положительно сказывается на экономической устойчивости компании. Таким образом, внедрение специализированного решения на базе 1С позволит предприятиям малого бизнеса оптимизировать свою работу с поставщиками, повысить качество принимаемых решений и адаптироваться к меняющимся условиям рынка, обеспечивая конкурентные преимущества и устойчивое развитие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов В.В., Бандуля С.Н. Автоматизация бизнес-процессов на платформе 1С: Предприятие 8. // БХВ-Петербург. — 2022.
2. Богачева Л.А. Управление торговыми операциями с использованием 1С: Предприятие. // ДМК Пресс. — 2021.
3. Иванов А.Н. Малый бизнес в России: проблемы и перспективы. // Питер. — 2020.
4. Смирнов И.В. Цифровизация малого бизнеса: стратегии и технологии // Инфра-М. — 2 023.
5. Кузнецов П.А. Логистика и управление цепями поставок в условиях цифровой экономики. // Юрайт. — 2020.
6. Фролова Е.В. Автоматизация закупок в малом бизнесе. // Финансы и статистика. — 2021.
7. Громов Д.С. IT-решения для малого и среднего бизнеса: внедрение и сопровождение. // Уральский университет. — 2023

© Яковлев Андрей Максимович (dallas.mimimi01@gmail.com); Свищёв Андрей Владимирович (svishhev7@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВЫБОР МЕЖДУ КОСТНОЙ ПЛАСТИКОЙ И ХИРУРГИЧЕСКИМИ ШАБЛОНАМИ ПРИ ДЕНТАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

THE CHOICE BETWEEN BONE GRAFTING AND SURGICAL TEMPLATES FOR DENTAL IMPLANTATION

**D. Azizova
A. Khairutdinova
A. Abuzov
N. Razin**

Summary. The main purpose of the study was to develop an algorithm for choosing between bone grafting and surgical templates for dental implantation. The article presents the results of using bone grafting and surgical templates for dental implantation. Based on the results obtained, a comparative analysis was carried out on the aspects of choice (residual bone height, age, bone integrity, anatomical structures (maxillary sinus, mandibular canal)) for dental implantation using bone grafting or surgical templates.

Keywords: surgical dentistry, dental implantation, bone grafting, surgical templates.

Азизова Дина Анваровна

Кандидат медицинских наук, Доцент,
Казанский Федеральный Университет

Duim-09@mail.ru

Хаирутдинова Айгуль Рафиковна

Кандидат медицинских наук, Доцент,
Казанский Федеральный Университет

ajgele4ka@mail.ru

Абузов Альберт

Казанский Федеральный Университет

abuzov.albert@mail.ru

Разин Никита

Казанский Федеральный Университет

nikita.razin96@gmail.com

Аннотация. Основной целью исследования было разработать алгоритм выбора между костной пластикой и хирургическими шаблонами при дентальной имплантации. В статье были приведены результаты использования костной пластики и хирургических шаблонов при дентальной имплантации. На основе полученных результатов был проведен сравнительный анализ по аспектам выбора (остаточная высота костной ткани, возраст, сохранность костной ткани, анатомические структуры (верхнечелюстная пазуха, нижнечелюстной канал)) при дентальной имплантации с использованием костной пластики или хирургическими шаблонами.

Ключевые слова: хирургическая стоматология, дентальная имплантация, костная пластика, хирургические шаблоны.

Введение

С середины 20 века наблюдается усиление интереса к внедрению имплантации для лечения частичной и полной потери зубов. Бранемарк был одним из первых, который разработал имплантат, который формирует остео интеграцию. Анатомические ограничения и реституционные требования побуждают стоматолога-хирурга добиваться точности планирования и хирургического позиционирования зубных имплантатов. Идеальное размещение имплантата облегчает создание благоприятных сил на имплантатах и протезных конструкциях, а также обеспечивает эстетический результат. Поэтому целесообразно установить логическую непрерывность между запланированным восстановлением и хирургическими этапами, важно использовать передающее устройство, которое, несомненно, повышает результативность проведенной имплантации [2].

Дентальная имплантация является одной из прогрессивных и эффективных методик восстановления утра-

ченных зубов, обеспечивая пациентам высокую функциональность и эстетичный внешний вид [1, 6].

Успех зубной имплантации зависит от многих факторов. Одним из факторов, препятствующих зубной имплантации, является тяжелая степень атрофии альвеолярной кости. Достаточная высота и ширина альвеолярной кости является важнейшим фактором оптимального восстановления жевательной функции и эстетики при протезировании с использованием дентальных имплантатов.

При значительной атрофии альвеолярного отростка верхней челюсти и уменьшении его высоты применяют костную пластику [3].

Костная пластика — это хирургическая процедура, при которой недостающая кость заменяется материалом из собственного организма пациента, искусственным или натуральным заменителем [10].

Данная методика несмотря на все свои преимуще-

связана с дополнительными рисками и необходимостью дополнительных хирургических вмешательств, что увеличивает сложность процедуры и время реабилитации пациента [7].

Хирургический шаблон — направляющая, изготавливается зубным техником после предоперационных восстановительных процедур, которые в первую очередь включают определение окклюзионной схемы и углов установки имплантатов. Высокая точность планирования и выполнения хирургических вмешательств важна для обеспечения высокого уровня успеха без причинения ятрогенных повреждений. Этого можно достичь с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии, программного обеспечения для трехмерного планирования имплантации, технологий изготовления шаблонов с визуализацией и компьютерной хирургии. Успех имплантологической терапии зависит, прежде всего, от надлежащего планирования лечения и правильно выполненной операции по установке имплантата [9].

Эффективность использования хирургических шаблонов зависит от тщательного предоперационного планирования и глубокой диагностики каждого случая [5, 11].

Конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) — это метод получения медицинских изображений, основанный на использовании конусообразного рентгеновского луча, центрированного на двумерном (2D) детекторе [8].

Цель исследования заключается в разработке алгоритма выбора между костной пластикой и хирургическими шаблонами при дентальной имплантации.

Для достижения поставленной цели, сформулированы следующие задачи исследования:

1. Сделать выборку клинических случаев протезирования на имплантатах с костной пластикой или с хирургическим шаблоном и сделать анализ критериев выбора.
2. Разработать алгоритм выбора между костной пластикой и хирургическими шаблонами при дентальной имплантации
3. Применить разработанный алгоритм на практике в клинике.

Материалы и методы

Была сделана выборка из 20 клинических случаев, где проводилась костная пластика, и 23 случаев, где проводилась дентальная имплантация с использованием хирургических шаблонов. Объектом исследования послужили дентальные карты и КЛКТ исследование 43 пациентов (18 мужчин и 25 женщин). Возраст пациен-

тов варьируется от 32 до 72 лет. Предварительно перед операцией пациентам было произведено КЛКТ исследование для визуализации верхней челюсти, нижней челюсти, верхнечелюстной пазухи. С помощью данного исследования мы оценили состояние костной ткани, и степень ее атрофии, также предварительно спланировали ход последующей операции и правильную позицию для дентального имплантата. На основе проведенного анализа дентальных карт пациента, КЛКТ исследования была составлена таблица 1, в которой приводится сравнительный анализ между аспектами выбора костной пластики и хирургических шаблонов при дентальной имплантации. Основываясь на данных, которые приведены в таблице 1, был составлен алгоритм выбора (рисунок 1) между костной пластикой и хирургических шаблонов при дентальной имплантации. На основе алгоритма представлено по одному клиническому случаю, где проводилась костная пластика и использовались хирургические шаблоны при дентальной имплантации.

Таблица 1.

Сравнительный анализ костной пластики и хирургических шаблонов при дентальной имплантации

	Дентальная имплантация с использованием костной пластики	Дентальная имплантация с использованием хирургических шаблонов
Возраст	Средний возраст ± 36 лет	Средний возраст ± 58 лет
Остаточная высота костной ткани	Средняя высота костной ткани в момент постановки дентальной имплантации ± 3.45 мм	Средняя высота костной ткани в момент постановки дентальной имплантации ± 4 мм
Сохранность костной ткани	Средняя высота костной ткани ± 10.73 мм	Средняя высота костной ткани ± 3.8 мм
Анатомические структуры	Верхнечелюстная пазуха Нижнечелюстной канал	Верхнечелюстная пазуха Нижнечелюстной канал
Протяженность дефекта	2–3 единицы	6–10 единиц
Противопоказания	1. Декомпенсированная форма сахарного диабета 2. Активная стадия пародонтита 3. Курение (более 10 сигарет/день) 4. Алкоголизм 5. Противопоказания при дентальной имплантации	1. Противопоказания при дентальной имплантации

Результаты и обсуждение

В результате проведенного анализа данных выборки нами была разработана схема выбора между костной пластикой и использованием хирургических шаблонов (рис. 1).

Используя разработанный нами алгоритм, представим клинический случай с применением костной пластики при дентальной имплантации.

Пациент X, 47 лет обратился с жалобами на адентию зубов 2.5, 2.6 на верхней челюсти во втором сегменте (рисунок 2). Из всех предложенных ему планов лечения пациент выбрал дентальную имплантацию. В связи с дефицитом костной ткани по вертикали для установки дентального имплантата необходимо было провести костнопластическую операцию в области дна верхнечелюстной пазухи. Была выбрана костно-пластическая операция, закрытый синус лифт с применением костнопластического материала.



Рис. 2. Адентия зубов 2.5, 2.6

Был использован ксенотрансплантат Cerabone (*Botiss dental*) бычья кость, с размеров гранул 1–2 мм.

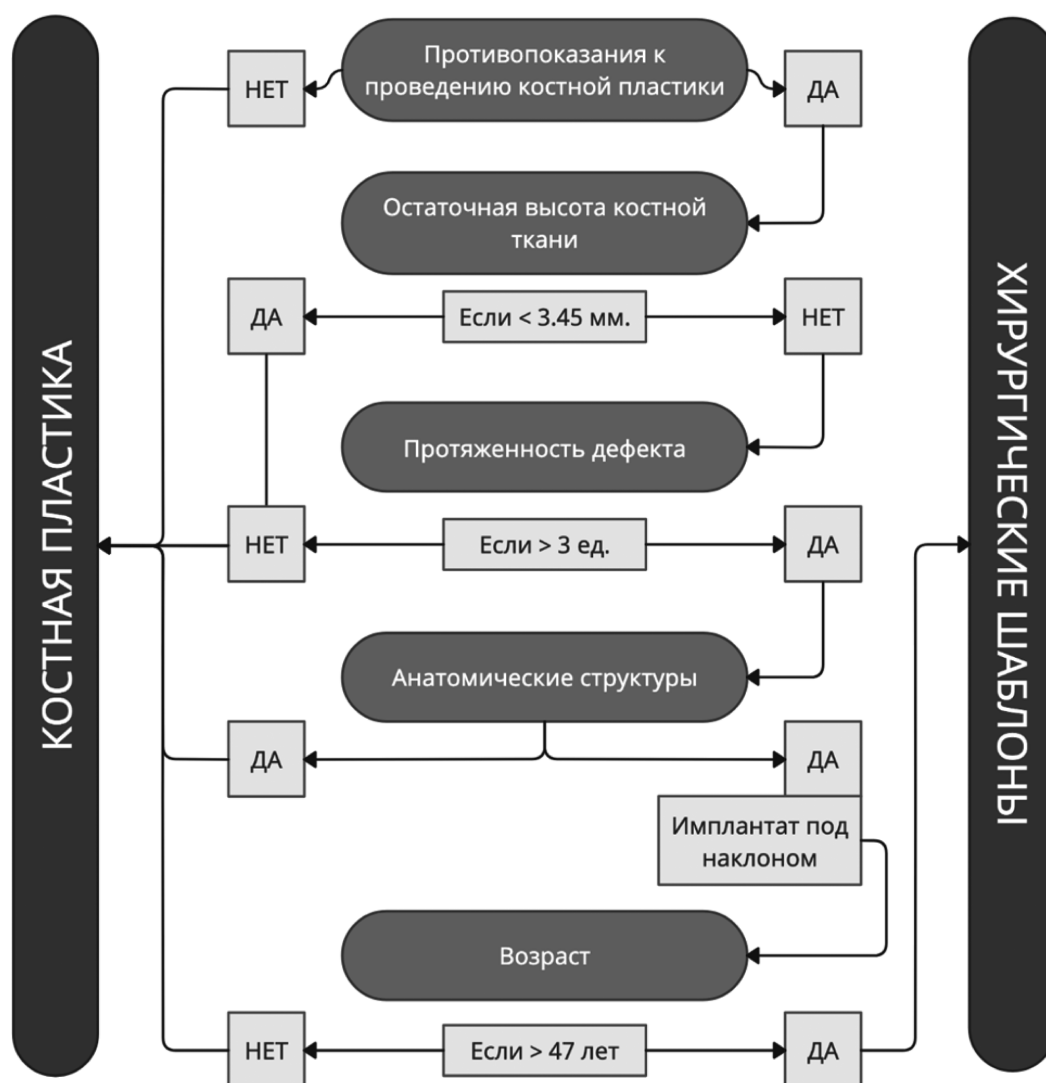


Рис. 1. Алгоритм выбора между костной пластикой и хирургическими шаблонами при дентальной имплантации



Рис. 3. Закрытый синус лифт и установлены имплантаты

Данный метод описывал Манфред Лянг в своей книге, для которого требуется сохранность костной ткани в промежутке от 6 до 8 мм [4].

Были установлены дентальные имплантаты субкрестально, вида *bone level* длиной 8 мм и диаметром 4.8 мм в области зуба 2.6 и в области зуба 2.5 длиной 10 мм и диаметром 3.75 мм (рисунок 3).

Применялась немецкая имплантационная система *ICX-Active-Master*. Далее представляем клинический случай, в котором применялся хирургический шаблон при дентальной имплантации.

Пациент X, 68 лет, обратился с жалобами на адентию 1.4, 1.5, 1.6 зубов верхней челюсти и неудовлетворительную эстетику. Также во втором сегменте на верхней челюсти адентия 2.6 зуба, на месте данного зуба установлен мостовидный протез с опорой на 2.5 и 2.7 зубы (рисунок 4).

Пациенту было предоставлено несколько планов лечения.

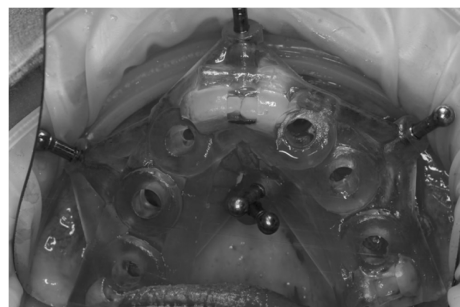


Рис. 5. Хирургический шаблон



Рис. 6. Временная несъемная конструкция на мультиюнитах

Был выбран план дальнейшей реабилитации с удалением всех зубов и конструкций на верхней челюсти с одномоментной установкой дентальных имплантатов.

После удаления были установлены дентальные имплантаты с использованием хирургического шаблона (рисунок 5), для более точного позиционирования имплантатов. Одномоментно установлена временная несъемная конструкция на мультиюнитах (рисунок 6).

Хирургический шаблон был с опорой на 1.1, 1.7, 2.1, 2.7 зубы, а также с помощью пинов зафиксирован на костную ткань, эта необходимость была для лучшей стабилизации, которая была направлена на более точную постановку дентальных имплантатов.

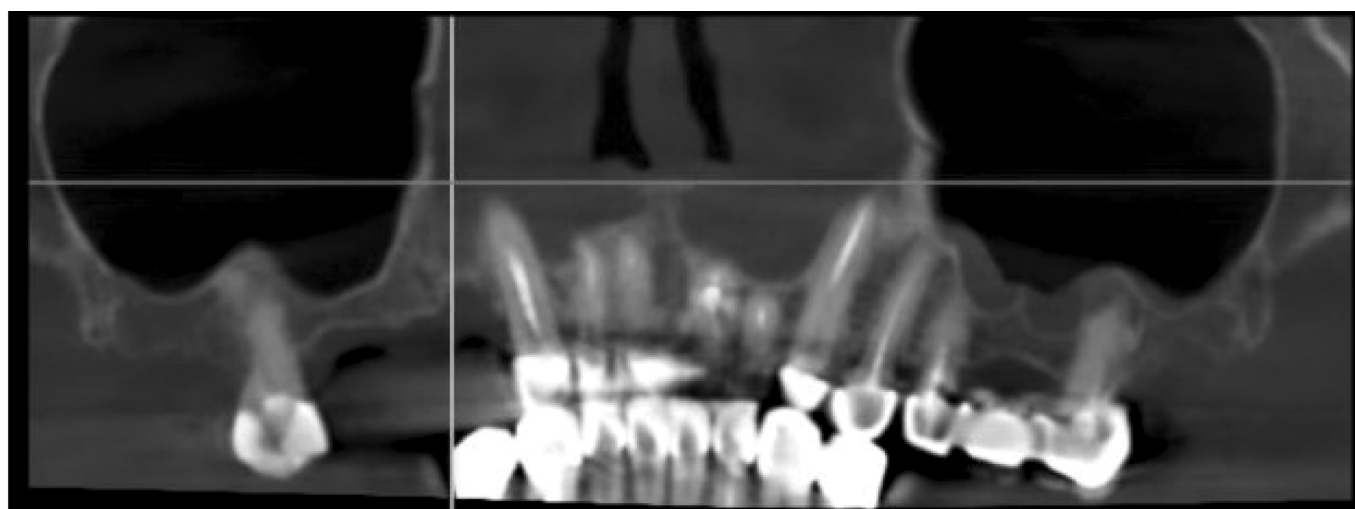


Рис. 4. Адентия зубов 1.4, 1.5, 1.6, 2.6

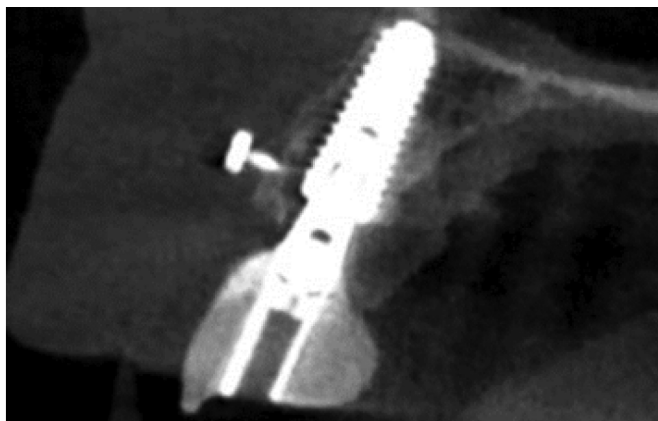


Рис. 7. Имплантат 4x15 мм

Установлены имплантаты субкрестально, вида *bone level* на место зубов 1.2; 2.2 длиной 15 мм и диаметром 4 мм (рисунок 7). На место 1.4; 2.4 установлены 15 мм в длину и диаметром 4.5 мм (рисунок 8) и в области зубов 1.6; 2.6 установлены длиной 7 мм и диаметром 7.5 мм (рисунок 9).

Применялась корейская имплантационная система AnyRidge (Megagen).

Выводы

В ходе проделанного нами исследования были оценены аспекты выбора, и проведен сравнительный анализ, которой предоставлен в таблице 1. Основываясь на данных из таблицы, был создан алгоритм выбора (рисунок 1) между костной пластикой и хирургическими шаблонами при дентальной имплантации. Согласно разработанному алгоритму, были продемонстрированы два клинических случая, один с применением костной пластики (закрытый синус лифт), второй с применением хирургических шаблонов.

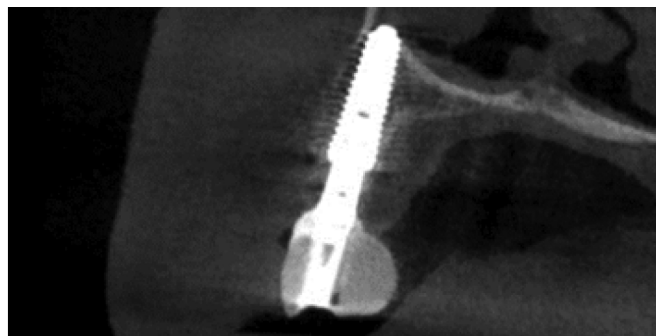


Рис. 8. Имплантат 4,5x15 мм

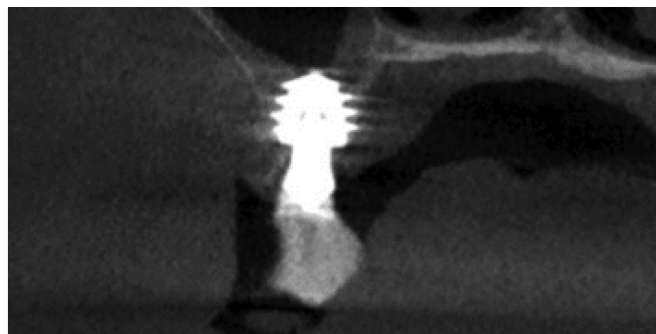


Рис. 9. Имплантат 7,5x7 мм

Заключение

Разработанный нами алгоритм позволяет в кратчайшие сроки сделать выбор между двумя методами, что позволяет ускорить составление плана для дальнейшего лечения и реабилитации.

Следует помнить о том, что в клинической практике бывают такие ситуации, что два метода являются взаимодополняемыми и используются сразу при необходимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуськов А.В. Дентальная имплантация: состояние вопроса на сегодняшний день (обзор литературы) / А.В. Гуськов, Н.Е. Митин, Д.А. Зиманков [и др.] // Клиническая стоматология. — 2017. — № 2(82). — С. 32–34. — EDN YQYJF.
2. Жолудев С.Е. Современные знания и клинические перспективы использования для позиционирования дентальных имплантатов хирургических шаблонов / С.Е. Жолудев, П.М. Нерсисян // Проблемы стоматологии. — 2017. — Т. 13. — № 4. — С. 74–80.
3. Калбаев А.А. Костная пластика альвеолярного гребня на этапах дентальной имплантации / А.А. Калбаев, И.М. Юлдашев, Р.М. Нуритдинов // Здоровоохранение Кыргызстана. — 2010. — № 1. — С. 45–48. — EDN YWMWDD.
4. Лянг М. Синус-лифт. От закрытого синус-лифта до синус-имплантат-стабилизатора / Перевод с англ. языка под научн. ред. к.м.н. М.М. Угрина — Львов: ГалДент, 2008. — 100с.
5. 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.
6. Тунева Н.А. Проблемы дентальной имплантации / Н.А. Тунева, Н.В. Богачева, Ю.О. Тунева // Вятский медицинский вестник. — 2019. — № 2(62). — С. 86–93. — EDN WNOVXV.
7. Bernhard P. To Graft or Not to Graft? Evidence-Based Guide to Decision Making in Oral Bone Graft Surgery / P. Bernhard, Z. Werner, W. Georg, P. Richard // Bone Grafting. — 2012. — P. 159–182.
8. De Vos, W. Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature / W. De Vos, J. Casselman, G. R. Swennen // International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. — 2009. — V. 38. — P. 609–625.
9. Kola M.Z. Surgical Templates for Dental Implant Positioning; Current Knowledge and Clinical Perspectives / M.Z. Kola, A.H. Shah, H.S. Khalil, A.M. Rabah, N.M. Harby, S.A. Sabra, D. Raghav // Nigerian Journal of Surgery. — 2015. — V. 21(1). — P. 1–5.
10. Kumar P. Bone grafts in dentistry / P. Kumar, B. Vinitha, G. Fathima // Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences 5. — 2013. — P. 125–127.
11. Ramasamy M. Implant surgical guides: From the past to the present / M. Ramasamy, Giri, R. Raja, Subramonian, Karthik, R. Narendrakumar // Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences — 2013. — V. 5(5). — P. 98–102.

© Азизова Дина Анваровна (Duim-09@mail.ru); Хаирутдинова Айгуль Рафиковна (ajgele4ka@mail.ru); Абузов Альберт (abuzov.albert@mail.ru); Разин Никита (nikita.razin96@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЦИТОХИМИЧЕСКИЕ СДВИГИ ПОПУЛЯЦИЙ ЛИМФОЦИТОВ КРОВИ У БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН С ГИПОТИРЕОЗОМ

CYTOCHEMICAL SHIFTS IN BLOOD LYMPHOCYTE POPULATIONS IN PREGNANT WOMEN WITH HYPOTHYROIDISM

**A. Alieva
A. Esedova
U. Alieva
T. Dibirov
A. Biyarlanova**

Summary. This study addresses one of the most important problems of thyroid pathology in pregnant women, gestational hypothyroidism. Affecting many organs and systems, the thyroid gland in pregnant women is subjected to increased stress and its functional disorders can adversely affect both the condition of the maternal body and the condition of the fetus. The work touched upon aspects of the interaction of certain immunocompetent blood cells in hypothyroidism in pregnant women.

Keywords: succinate dehydrogenase, acid phosphatase, glycogen, cytochemistry, thyroid gland, autoimmune thyroiditis, hypothyroidism, pregnancy, lymphocytes, immune cells.

Алиева Аида Запировна

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный
медицинский университет»

aikaaminka@bk.ru

Эседова Асият Эседовна

Заведующая кафедрой, профессор,
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный
медицинский университет»

Алиева Умхайр Бадрутдиновна

Доцент, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный
медицинский университет»

Дибиров Тагир Муратович

Доцент, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный
медицинский университет»

dibirovtagir@mail.ru

Биярсланова Алина Абдуллаевна

Независимый исследователь

Аннотация. Данное исследование затрагивает одну из важнейших проблем тиреоидной патологии у беременных женщин гестационный гипотиреоз. Воздействуя на многие органы и системы, щитовидная железа у беременных подвергается усиленной нагрузке и функциональные нарушения ее могут неблагоприятно сказаться как на состоянии материнского организма, так и на состоянии плода. В работе были затронуты аспекты взаимодействия некоторых иммунокомпетентных клеток крови при гипотиреозе у беременных женщин.

Ключевые слова: сукцинатдегидрогеназа, кислая фосфатаза, гликоген, цитохимия, щитовидная железа, аутоиммунный тиреоидит, гипотиреоз, беременность, лимфоциты, иммунокомпетентные клетки.

Все чаще и чаще в клинической практике встречаются проблемы, связанные с функциональной недостаточностью щитовидной железы (ЩЖ) у беременных. Известно, что недостаточность гормонов щитовидной железы может привести к нарушению функции многих органов и систем [2, 9]. В значительной степени они оказывают влияние на формирование и развитие плода во внутриутробном периоде, а также в постнатальном периоде [1, 2, 3].

В современных исследованиях часто затрагивается роль связи осложнения беременности с различными цитохимическими сдвигами клеток крови [8, 13, 5].

По мнению различных авторов, эта связь в какой-то степени может помочь, выявить особенности влияния на процессы адаптации защитных систем организма на клеточном и субклеточном уровне.

Зная то, что взаимосвязь материнского организма с плодом происходит при помощи связи плаценты с маткой, здесь происходят процессы которые влияют на нормальное течение беременности или могут приводить к развитию различных патологий, ведь под контролем тиреоидных гормонов находятся процессы дифференцировки и созревания практически всех органов и систем, в частности недостаток гормонов щитовидной железы может приводить к значительным изменениям при созревании мозга плода [11, 16, 17].

В патогенезе гестоза ключевую роль играют генерализованный вазоспазм, повышение проницаемости сосудистой стенки, задержка воды и натрия в организме, с последующим развитием гипоксии.

Главными показателями тканевой гипоксии являются нарушения энергетического обмена, которые сопровож-

ждаются изменениями активности митохондриальных ферментов. Поэтому определение активности митохондриальных ферментов (СДГ, КФ, гликогена) в лимфоцитах периферической крови является важным для прогноза течения беременности и профилактики осложнений.

В последнее десятилетие в медицине интенсивно развивается так называемое «метаболическое» направление, которое ставит своей целью теоретический и прикладной анализ обменных процессов различных уровней.

Особенно активно развиваются представления о роли нарушений клеточного энергообмена в генезе самых разнообразных патологических процессов [4, 6, 7].

Носителями самой доступной информации о ранних метаболических сдвигах в организме являются лейкоциты периферической крови. Ферментный статус лейкоцитов (лимфоцитов) дает возможность оценить степень гипоксического воздействия на материнский организм, что в свою очередь отражается на развитии и формировании органов и систем плода.

Исследование функциональной активности ферментов, участвующих в клеточном и тканевом дыхании системы мать—плод имеет важное практическое значение для прогноза течения беременности.

Перестройка иммунной системы материнского организма в связи с беременностью связана с изменениями соотношения и функциональной активности различных популяций и субпопуляций лимфоцитов цитотоксических (киллерных) Т-лимфоцитов, Т-хелперов Th 1-го и 2-го типов, NK-клеток (естественных) и В-лимфоцитов.

Некоторые исследователи указывают на то, что, клетки, которые осуществляют защиту как материнского организма так и плода от проникновения различных чужеродных антигенов находятся в маточно-плацентарном барьере. Таковыми клетками являются антигенпрезентирующие клетки макрофаги и цитотоксические лимфоциты (Т и NK-клетки) [14, 15].

В современной науке за последнее время уделяется особое внимание изучению взаимосвязи между репродуктивной функцией женщин и носительством иммуноглобулинов к тиреоидной пероксидазе. С каждым годом увеличивается тенденция к росту аутоиммунных поражений щитовидной железы у беременных в среднем от 12 до 18 % [10, 12]. Это способствует высокому риску осложнений течения беременности и может приводить к преждевременным родам и абортam.

Вопрос патогистологических особенностей осложнения и прерывания беременности на сегодняшний день

остаётся открытым. Возможно, недостаточность ферментов энергетического обмена в лимфоцитах крови приводит к дисфункции работы системы антиген-анти тело, что, по-видимому, оказывает влияние на течение беременности и развитие плода.

Но как было отмечено в литературе отсутствуют данные о взаимосвязи изучения активности митохондриальных ферментов энергетического обмена в лимфоцитах периферической крови, что является главным показателем тканевой гипоксии. И поэтому определение данных ферментов, по-нашему мнению является важным критерием для определения прогноза течения беременности и выявления различных осложнений.

Авторы считают, что при гипофункции щитовидной железы поступающий йод (17 % от всего поступающего йода в организм), связанный с транспортными белками, безусловно, вызывает фагоцитоз, что незамедлительно способствует синтезу антител. А показатели митохондриальных ферментов в популяциях лимфоцитов способствуют течению данной реакции, что по мнению авторов является причиной развития аутоиммунного тиреоидита (АИТ).

Свободный йод не может вызвать синтез антител, но связанный с белками обеспечивает их синтез.

Авторы считают, что не АИТ является причиной развития гипотиреоза, а наоборот, именно гипотиреоз является причиной развития АИТ.

В различной литературе мы не нашли работ, связанных с изучением ферментативной активности популяций и субпопуляций лимфоцитов крови, при изменении которых, по всей видимости происходит нарушение внутриклеточных дыхательных функций, что приводит к нарушению системы антиген-анти тело у беременных женщин с сопутствующим гипотиреозом и влияет на процессы созревания и формирования органов и систем плода, что и послужило для нас толчком для проведения данного исследования.

Целью исследования явилось сравнительное изучение ферментативной активности внутренней митохондриальной мембраны лимфоцитов периферической крови у здоровых беременных женщин и у беременных с сопутствующим гипотиреозом.

Материалом для исследования послужила венозная кровь взятая у 78 пациенток в разные сроки гестации с диагнозом гипотиреоз, которые были разделены на группы в зависимости от степени функциональной недостаточности щитовидной железы: первую группу составили 23 беременных с манифестным компенсированным гипотиреозом, обнаруженным до беременности

или в ранние ее сроки, на заместительной гормональной терапии (L-Тироксин, эутирокс). Вторая группа включала 18 пациенток с субклиническим гипотиреозом, выявленном во второй половине беременности, без использования гормональной терапии, находившихся под наблюдением.

Для сравнения использовалась группа из 21 женщин с физиологическим течением беременности в сроки гестации от 22–39 неделе, без патологических изменений щитовидной железы.

Группу контроля составили 16 практически здоровых беременных, по возрасту сходные с обследованными группами беременных, которые наблюдались в женской консультации по месту жительства.

У всех обследованных были проведены стандартные исследования для беременных: сбор анамнестических данных, общий и акушерский осмотр, общий и биохимический анализ, ультразвуковое исследование акушерского статуса и щитовидной железы.

Функцию щитовидной железы оценивали по содержанию св. Т4, св. Т3, ТТГ, аутоантител к ТПО и ТГ в крови.

Ферментативную активность в лимфоцитах крови определяли цитохимическим методом с определением сукцинатдегидрогеназы (СДГ), кислой фосфатазы (КФ) и гликогена (Гл).

Активность сукцинатдегидрогеназы в лимфоцитах определяли по методу с использованием *n*-нитротетразолия фиолетового и подсчету среднего количества гранул формазана в одном лимфоците (гр/л) при расчете на 50 клеток.

Кислую фосфатазу определяли при помощи метода A.F. Goldberg, T. Barka с использованием нафтола As-E-фосфата. Результаты реакции оценивали с помощью показателя Karlow.

Для определения интенсивности окраски гликогена в лимфоцитах крови использовали метод по J. MacManus.

Статистический анализ результатов проводили с помощью пакета прикладных программ «Statistica 6.0 for Windows» и программы «Soma». Для всех полученных данных определяли среднее арифметическое значение (*M*) и ошибку средней арифметической (*m*). Проверку гипотезы о статистической значимости различий двух выборок проводили с помощью критерия Манна-Уитни. Значимыми считали значения $p < 0,05$.

Активность СДГ в лимфоцитах крови женщин из группы сравнения одинаковая как в контрольной группе.

Распределение гранул формазана в цитоплазме клеток было равномерное, с умеренной плотностью расположения. Но было замечено, что в I триместре беременности идет тенденция к снижению процентного содержания лимфоцитов с умеренным и высоким содержанием ферментных гранул, что отражается на СЦП СДГ.

В сравнительной группе он составил $1,38 \pm 0,05$, а в группе контроля показатель был — $1,52 \pm 0,07$ усл. ед. В дальнейшие сроки беременности картина распределения фермента была сходна с группой контроля.

Картина распределения фермента у 1-й группы обследуемых была такова. Было отмечено достоверное снижение активности по сравнению с контрольной группой. В мазках определялся рост количества малых лимфоцитов с малым и средним содержанием окрашенных продуктов цитохимической реакции. Эти сдвиги были более выражены в мазках крови пациенток 2-й группы. И как отмечается, наблюдаются лимфоциты с хаотичным распределением окрашенных гранул, наблюдается картина с содержанием фермента в виде слияния нескольких гранул между собой. СЦП снижен с высокой степенью достоверности ($p < 0,02$).

При окрашивании мазков крови на КФ в группе контроля большая часть лимфоцитов имела слегка умеренную или слабо насыщенную ферментную реакцию. Некоторые клетки отражали реакцию в виде слабо окрашенного диффузного фона.

Цитохимическая картина содержания КФ в лимфоцитах крови беременных группы сравнения, независимо от срока беременности, при сравнении с таковой контрольной группы существенно не была изменена.

Отмечалась лишь тенденция к росту в мазках крови количества средних лимфоцитов с хорошо визуализируемой и насыщенно окрашенной продуктами реакции цитоплазмой. СЦП составлял $1,81 \pm 0,03$ усл. ед., при контрольных значениях $1,64 \pm 0,03$ усл. ед. Однако следует отметить, что у ряда женщин, особенно во второй половине беременности, содержание КФ в клетках было более высоким, с преобладанием диффузного компонента окрашенных продуктов.

При исследовании 1-группы беременных на КФ было отмечено, что в динамике проводимого лечения содержание окрашенного фермента в цитоплазме клеток было схоже с показателя группы сравнения. Была лишь заметна одна тенденция, что окрашивание мазков крови цитоплазмы лимфоцитов происходило в виде отдельных комплексов напоминающий гранулы, а диффузный компонент снижался.

В лимфоцитах крови у женщин 2-группы с субклиническим гипотиреозом без выраженных клинических

симптомов был установлен рост активности КФ по сравнению с таковым в контрольной группе с высокой степенью достоверности ($p < 0,02$). Мазки больше содержали клеток с умеренным и высоким содержанием продуктов ферментной реакции.

При окрашивании мазка крови беременных на гликоген, распределение ШИК положительного материала в клетках было равномерным. Продукт реакции в цитоплазме клетки выявлялся слабо и плохо контурировался.

Основная масса лимфоцитов содержала умеренное количество окраски и небольшое количество около 2–3 % клеток имели более выраженную картину окраски в цитоплазме клеток.

Что касается 1-группы беременных с манифестным гипотиреозом в динамике лечения, при наблюдении, было отмечено, сохранение СЦП во все сроки гестации в пределах, характерных для группы сравнения.

У беременных с субклиническим гипотиреозом компенсированной формы (2-я группа) в мазках крови количество лимфоцитов с умеренным и высоким содержанием окрашенного материала было значительно меньше.

Наблюдалась тенденция, взаимосвязи изменения активности ферментной реакции клеток от степени тяжести заболевания. Обращало внимание малое количество или даже полное отсутствие ШИК-положительного материала в периферической зоне значительного количества клеток, в связи с чем снижение данного показателя была достоверно высока ($p < 0,02$).

Таким образом, при изучение цитохимических показателей лимфоцитов нами установлено, что у женщин с физиологическим течением беременности достоверно отмечается снижение активности СДГ, КФ и Гл. Представ-

ляется, что оно связано с имеющимся в I триместре беременности устойчивым ростом содержания тиреоидных гормонов в крови. В литературе его связывают прежде всего с продукцией плацентарного хорионического гонадотропина.

Что же касается 1-й и 2-й группы пациенток, то по нашему мнению такая реакция связана с одной стороны влиянием физиологического воздействия тиреоидных гормонов во время беременности на фермент внутренней митохондриальной мембраны лимфоцитов, вовлечённый в базовые процессы энергообеспечения клетки, а с другой стороны патологическим влиянием манифестного компенсированного и субклинического гипотиреоза без выраженных функциональных нарушений на ферментную активность клеток.

При сравнительном анализе цитохимических данных лимфоцитов у женщин с физиологическим и патологическим течением беременности наибольшей информативностью обладали показатели ферментной активности СДГ, КФ и гликогена. Необходимо отметить, что СДГ вместе с КФ и гликогеном, являются одними из главных цитохимических показателей лимфоцитов периферической крови и критерием основного энергетического обмена митохондрий, что отражает состояние организма как материнского организма, так и плода.

Подводя итог, нами делается вывод, что при низкой функциональной активности ЩЖ у беременных, нарушаются процессы переноса глобулинов связанных с йодом, то есть они становятся источником интоксикации, и воспринимаются как чужеродные антигены, что в свою очередь активирует выработку антител и включение защитной фагоцитарной реакции, что по видимому оказывает угнетающее влияние на систему клеточного дыхания лимфоцитов и тем самым способствует развитию осложнений во время беременности у матери и плода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борзова Н.Ю., Иваненкова Н.И., Сотникова Н.Ю., Кудряшова А.В., Малышкина А.И. Дифференцировка Т-клеток памяти в популяциях Т-хелперов и цитотоксических Т-лимфоцитов при угрожающем выкидыше // Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. 2015. Т.14. №2. С.24–28.
2. Варламова Т.М., Керова А.Н., Абуд И.Ю., Озерова О.Е., Шехтман М.М. Дисфункция щитовидной железы и беременность // Гинекология. 2001. Т.3. №2. С.64–68.
3. Кудряшова А.В., Кадырова Л.В. Дифференцировка CD8 + клеток памяти при беременности // Российский иммунологический журнал. 2013. Т.8. №1(17). С.79–82.
4. Махмудходжаев А.Ш., Огородова Л.М., Евтушенко И.Д., Холопов А.В., Тимошина Е.Л., Махмудходжаева Е.В. Клеточный иммунитет у беременных с аутоиммунным тиреоидитом и гестозом // Бюллетень сибирской медицины. 2002. Т.1. №1. С.57–62.
5. Петрова С.В. Профилактика и лечение нарушений репродуктивной функции у женщин с аутоиммунным тиреоидитом [Текст]: дисс. ... канд. мед. наук: 14.01.01: защищена 01.03.2012: / Петрова Светлана Вячеславовна. — Санкт-Петербург, 2012. — 197 с.
6. Потемкина Е.Е., Рафибеков Д.С., Фомина Е.Е., Пешева Н.В., Калинин А.П. Гуморальные и клеточные иммунные факторы при аутоиммунном тиреоидите // Проблемы эндокринологии. 1995. Т.41. №1. С.9–12.
7. Радченко В.В. Исследование цитокинов у беременных с аутоиммунным тиреоидитом при осложненном течении беременности // Репродуктивное здоровье. Восточная Европа. 2013. №4(28). С.19–24.
8. Радченко В.В. Редикторы осложнений беременности у женщин с аутоиммунным тиреоидитом // Лабораторная диагностика. Восточная Европа. 2013. №4(8). С.42–47.

9. Романова И.П., Кравчун Н.А. Особенности функционального состояния щитовидной железы у беременных женщин с носительством антител к ткани щитовидной железы и аутоиммунным тиреоидитом // Вестник харьковского национального университета имени В.Н. Каразина. Серия медицина. 2006. №13(738). С. 105–109.
10. Сотникова Н.Ю., Борзова Н.Ю., Раджабова Н.Р. Дифференцировка CD8+ лимфоцитов и их цитолитическая активность у женщин с угрожающими преждевременными родами // Российский иммунологический журнал. 2019. Т.13. №2–1(22). С.563–565.
11. Супрун С.В., Кудерова Н.И., Супрун Е.Н., Морозова О.Н., Евсеева Г.П., Лебедько О.А. Комплексная оценка митохондриальных изменений иммунокомпетентных клеток крови у беременных женщин при срочных и преждевременных родах // Медицинская иммунология. 2021. Т.23. №3. С. 557–568.
12. Файзуллин Л.З., Клименченко Н.И., Федорова Е.В., Карнаухов В.Н., Колодько В.Г., Трофимов Д.Ю. Ассоциация полиморфизма генов Ctl4-4 и Ptpn-22 с развитием гипотиреоза у беременных российской популяции // Акушерство и гинекология. 2015. №12. С. 64–68.
13. Хачатурова М.Д. Этапное ведение беременных с привычным невынашиванием, обусловленным аутоиммунным тиреоидитом [Текст]: дисс. . . канд. мед. наук: 14.00.01: защищена 21.04.2004: / Хачатурова Маргарита Дарчоевна. — Краснодар, 2004. — 113 с.
14. Pyzik A., Grywalska E., Matyjaszek-Matuszek B., Rolinski J. Immune disorders in Hashimoto's thyroiditis: what do we know so far? J Immunol Res. 2015.
15. Ramos-Leví A.M., Marazuela M. Pathogenesis of thyroid auto— immune disease: the role of cellular mechanisms. Endocrinol Nutr. 2016; 63:421–9.
16. Bossowski A, Stasiak-Barmuta A, Urban M. Relationship between CTLA-4 and CD28 molecule expression on T lymphocytes and stimulating and blocking autoantibodies to the TSH-receptor in children with graves' disease. Horm Res. 2005; 64:189–97.
17. Roncarolo M.G., Gregori S., Bacchetta R., Battaglia M. Tr1 cells and the counter regulation of immunity: natural mechanisms and therapeutic applications. Curr Top Microbiol Immunol. 2014; 380:39–68.

© Алиева Аида Запировна (aikaaminka@bk.ru); Эседова Асият Эседовна; Алиева Умхайр Бадрутдиновна;
Дибиров Тагир Муратович (dibirovtagir@mail.ru); Биярсланова Алина Абдуллаевна
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ММГ+Т, УЗИ И МРТ

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF MMG + T, ULTRASONOGRAPHY AND MRI

I. Vasilyeva

Summary. A comparative analysis of the diagnostic efficiency of three methods of radiation diagnostics of breast cancer was performed: mammography with tomosynthesis (MMG + T), ultrasound examination (US) and magnetic resonance imaging (MRI). The analysis showed that MRI has the highest sensitivity and specificity, providing the most accurate detection of the disease and high prognostic value. Ultrasound is effective in detecting tumors in women with high tissue density, while MMG + T still remains an important screening tool. The combined use of all three methods improves diagnostics in complex clinical cases and increases the accuracy of monitoring patients with a high risk of cancer. The results of the study emphasize the need for an individual approach to the choice of visualization methods to achieve maximum diagnostic efficiency.

Keywords: breast cancer, mammography, tomosynthesis, ultrasound, magnetic resonance imaging, diagnostics, sensitivity, specificity, prognostic value, combination of methods.

Васильева Ирина Яковлевна

Специалист по лучевой и малоинтервенционной
диагностике заболеваний молочных желез,
Первый Московский Медицинский институт
имени И.М. Сеченова;
Руководитель, "Европейский Медицинский Центр",
г. Москва
ivassilieva@emcmos.ru

Аннотация. Проведен сравнительный анализ диагностической эффективности трех методов лучевой диагностики рака молочной железы: маммографии с томосинтезом (ММГ+Т), ультразвукового исследования (УЗИ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ). Анализ показал, что МРТ обладает наивысшей чувствительностью и специфичностью, обеспечивая наиболее точное выявление заболевания и высокую прогностическую ценность. УЗИ эффективно при выявлении опухолей у женщин с высокой плотностью ткани, тогда как ММГ+Т все еще остается важным инструментом скрининга. Комбинированное применение всех трех методов позволяет улучшить диагностику в сложных клинических случаях и повысить точность мониторинга за пациентками с высоким риском рака. Результаты исследования подчеркивают необходимость индивидуального подхода к выбору методов визуализации для достижения максимальной эффективности диагностики.

Ключевые слова: рак молочной железы, маммография, томосинтез, ультразвуковое исследование, магнитно-резонансная томография, диагностика, чувствительность, специфичность, прогностическая ценность, комбинация методов.

Актуальность темы

Актуальность темы сравнительного анализа эффективности маммографии, ультразвукового исследования и магнитно-резонансной томографии в контексте диагностики и лечения рака молочной железы обусловлена растущей заболеваемостью данным видом онкологической патологии, являющимся одной из ведущих причин смерти среди женщин в мире [6]. С учетом значительного увеличения числа случаев рака молочной железы, ранняя диагностика и точное определение стадии заболевания становятся критически важными для повышения шансов на успешное лечение, что обуславливает необходимость в разработке оптимальных стратегий скрининга и мониторинга [3; 4].

Маммография остается золотым стандартом для рутинного скрининга рака молочной железы, однако она имеет свои ограничения, особенно при обследовании женщин с плотной тканью молочной железы, где выявление злокачественных изменений может быть затруд-

нено. Эффективность маммографии также варьируется в зависимости от возраста и других факторов, что требует использования дополнительных методов визуализации для более полной картины заболевания. В связи с этим, ультразвуковое исследование предлагает дополнительные возможности для оценки структуры молочной железы, позволяя выявлять более ранние и меньшие по размеру опухолевые образования.

УЗИ, хотя и является ценным методом в диагностике, не всегда может обеспечить достаточную информацию о распространенности рака или его инвазивных характеристиках. В таких случаях магнитно-резонансная томография, обладающая высокой чувствительностью и возможностью многоплоскостной визуализации, становится незаменимым инструментом. МРТ позволяет не только обнаруживать рак на более ранних стадиях, но и оценивать мультифокальные или контралатеральные поражения, которые могут быть неуловимы другими методами [5].

Проблематика исследования

Сравнительный анализ эффективности этих трех методов визуализации имеет важное значение для клинической практики. Он способствует глубокому пониманию их роли в диагностике и мониторинге рака молочной железы, что, в свою очередь, позволяет лучше адаптировать подходы к индивидуальному лечению пациенток, снижая риски как неправильно поставленного диагноза, так и необоснованных хирургических вмешательств. Более того, с учетом постоянно развивающихся технологий в области медицинской визуализации, изучение их взаимодополняемости и оптимального сочетания становится ключевым направлением в повышении качества диагностики рака молочной железы.

Таким образом, актуальность темы сравнительного анализа эффективности маммографии, ультразвукового исследования и магнитно-резонансной томографии определяется не только возрастанием заболеваемости раком молочной железы, но и необходимостью в точных, надежных и безопасных диагностических методах, которые могут обеспечить наиболее эффективное управление этим сложным заболеванием.

Цель исследования — провести сравнительный анализ эффективности ММГ + Т, УЗИ и МРТ и обосновать целесообразность применения каждого из этих методов.

Материалы и методы

Исследование проводилось на базе Европейского медицинского центра в период с 2018 по 2023 гг. Методы, использованные в исследовании:

1. Маммография с томосинтезом (ММГ+Т) на цифровом рентгеновском маммографе Selenia Dimensions.
2. Ультразвуковое исследование (УЗИ) на сканере GE Logiq E9 с мульти частотным линейным датчиком.
3. Магнитно-резонансная томография (МРТ) на магнитном томографе Magnetom Aera с динамическим контрастным усилением.

Характеристика выборки

Общее количество пациенток: 1895 (ретроспективное исследование медицинских карт). Проведенные комплексные обследования: 198 пациенток. Подгруппы:

- Рак молочной железы стадии T1N0M0 (n=128).
- Доброкачественные новообразования (n=70).

Определялись показатели чувствительности, специфичности, точности и прогностической ценности результатов каждого метода, основываясь на гистологической верификации диагноза как референтном методе. Анализ проводился с использованием программ Microsoft Excel

и R версии 4.3.3. Все участницы подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Результаты исследования

Патогенез рака молочной железы (РМЖ) представляет собой сложный процесс, в котором участвуют различные молекулярные, генетические и клеточные механизмы. Главными факторами, способствующими развитию РМЖ, являются генетические мутации. Наиболее известные генетические предрасположенности связаны с генами BRCA1 и BRCA2, которые отвечают за репарацию ДНК. Структуры стромы, такие как фибробласты, иммунные клетки и компоненты внеклеточного матрикса, создают поддерживающее микроокружение для опухолевых клеток. Изменения в клетках стромы могут способствовать инвазивности и метастазированию раковых клеток, а также приводить к воспалению, что также способствует прогрессии опухоли [7].

Такие состояния, как атипичная протоковая гиперплазия и дольковая карцинома in situ (DCIS), могут предшествовать инвазивной форме рака. В этих случаях происходит ненормальная пролиферация клеток с изменениями в морфологии, что также может быть связано с нарушениями в сигнализации клеток и агрегации [1]. Для постановки диагноза рака молочной железы важно визуализировать следующие структуры [8]:

1. Молочные протоки и дольки. Внутренние структуры молочной железы, такие как млечные протоки и терминальные дольковые единицы, должны быть исследованы на наличие атипичных изменений, инвазивных процессов и опухолевых узлов.
2. Лимфатические узлы. Визуализация регионарных лимфатических узлов имеет важное значение для определения стадии заболевания и поражения, так как лимфатические узлы могут быть первыми местами метастазирования.
3. Внеклеточный матрикс. Изменения в структуре стромы и внеклеточного матрикса могут быть важными для понимания поведения опухоли и её инвазивных свойств.
4. Гистопатологические образцы. При проведении биопсий важно исследовать образцы тканей для выявления морфологических изменений, которые могут указывать на наличие рака, такие как клеточная атипия и нарушения организации тканей.

В ходе исследования были получены данные о диагностической эффективности ММГ+Т, УЗИ и МРТ (табл. 1).

Как видим из представленных данных, ММГ+Т демонстрирует умеренно высокие показатели чувствительности и специфичности. Однако сравнительно низкая чувствительность указывает на то, что данный метод мо-

Таблица 1.

Показатели диагностической эффективности методов лучевой диагностики РМЖ (* — $p < 0,05$ по сравнению с ММГ и УЗИ)

Метод	Чувствительность, %	Специфичность, %	Точность, %
ММГ+Т	79,2	82,4	81,1
УЗИ	89,3	77,9	80,4
МРТ	99,9	91,5	95,4

жет упускать часть случаев рака, особенно при наличии плотной ткани молочной железы.

УЗИ имеет более высокую чувствительность по сравнению с ММГ+Т, что позволяет ему более эффективно выявлять рак молочной железы. Однако его специфичность ниже, что может привести к большему количеству ложноположительных результатов и необходимости дополнительных исследований.

МРТ показала высокую чувствительность, практически достигая 100 %, что делает её самым эффективным методом для выявления рака молочной железы. Специфичность также на высоком уровне, что говорит о способности метода надежно отделять злокачественные и доброкачественные новообразования.

Сравнение методов показывает, что МРТ значительно превосходит как ММГ+Т, так и УЗИ по всем ключевым показателям: чувствительности, специфичности и точности. УЗИ занимает промежуточное положение по чувствительности, но уступает по специфичности, в то время как ММГ+Т демонстрирует наименьшую чувствительность среди трех методов.

На основе представленных данных была определена прогностическая ценность положительных (PPV) и отрицательных (NPV) результатов для каждого из методов диагностической визуализации.

1. Магнитно-резонансная томография (МРТ):

- PPV: 95,4 %
- NPV: 97,2 %

МРТ показала наивысшие значения PPV и NPV среди исследованных методов, что свидетельствует о её высокой способности точно идентифицировать больных с РМЖ и точно исключать заболевание при отрицательном результате. Высокая NPV особенно важна для клиницистов, позволяя с большой вероятностью исключить рак, что может сэкономить время и ресурсы на дополнительные исследования и лечение.

2. Маммография с томосинтезом (ММГ+Т):

- PPV: 75,6 %
- NPV: 85,2 %

ММГ+Т показала умеренные показатели PPV и NPV. Хотя метод остается важным инструментом в скрининге, его PPV ниже по сравнению с МРТ, что указывает на более высокую вероятность ложноположительных результатов. Это ограничивает его эффективность в некоторых случаях, особенно среди женщин с высокой плотностью тканей, где диагноз может быть затруднен.

3. Ультразвуковое исследование (УЗИ):

- PPV: 71,8 %
- NPV: 88,3 %

УЗИ имеет наименьшую PPV, что может привести к большему количеству ложных положительных результатов. Однако его NPV хоть и выше, чем у ММГ+Т, все еще ниже, чем у МРТ. УЗИ, несмотря на свои ограничения, продолжает играть важную роль при исследовании пациенток с высокой плотностью тканей и в диагностическом алгоритме для комплексной оценки.

Также нами были выделены ключевые факторы, которые могут влиять на точность результатов различных методов диагностики рака молочной железы [14; 17]:

1. Плотность и рентгенологическая структура молочной железы. Плотная железистая ткань может затруднять визуализацию опухолей при ММГ+Т, что приводит к более низкой чувствительности у женщин младше 50 лет. В этой группе УЗИ демонстрирует более высокую чувствительность.
2. Размер опухоли. Размер новообразования оказывает значительное влияние на чувствительность методов. При опухолях менее 1 см, чувствительность ММГ+Т гораздо ниже (54,3 %) по сравнению с МРТ (99,9 %). При больших опухолях различия в чувствительности становятся менее выраженными, что подчеркивает важность раннего выявления и использования МРТ для хрупких и труднодоступных опухолей.
3. Гистологический тип опухоли. Разные гистологические типы рака могут иметь разные характеристики роста, что влияет на чувствительность методов. Например, ММГ+Т продемонстрировала низкую чувствительность при дольковом раке (72,4 %) по сравнению с протоковым (94,5 %). МРТ, наоборот, показала высокую чувствительность при всех типах РМЖ.
4. Возраст пациенток. Возраст также влияет на показатели чувствительности метода. ММГ+Т была наиболее эффективной в возрастной группе 58–69 лет, где структура молочной железы начинает меняться в сторону жировой ткани.

Обсуждение результатов

На основе проведенного нами анализа, были выделены показания к применению каждого из анализируемых

методов диагностики рака молочной железы. Рассмотрим их подробнее.

1. Маммография с томосинтезом (ММГ+Т) [13; 16]:
 - Скрининг рака молочной железы у женщин старше 40 лет.
 - Подозрение на наличие злокачественных новообразований при клиническом осмотре.
 - Рутинный контроль у пациенток с высоким риском рака молочной железы (например, наличие семейной истории или мутаций в генах BRCA1/BRCA2).
 - Проверка на наличие рецидива рака у женщин, ранее перенесших заболевание.
2. Ультразвуковое исследование (УЗИ) [10; 12]:
 - Оценка молочной железы у женщин с высокой плотностью тканей, где маммография может быть менее информативной.
 - Диагностика новообразований, если результаты маммографии вызывают вопросы или есть подозрение на доброкачественные изменения.
 - Уточнение характеристик (размер, структура) выявленного новообразования после маммографии.
 - Оценка лимфатических узлов в подмышечной области при подозрении на метастазы.
3. Магнитно-резонансная томография (МРТ) [15]:
 - Оценка рака в стадии T1, особенно для выявления небольших и трудноуловимых опухолей.
 - У женщин с высокой плотностью тканей, для которых другие методы могут быть неэффективными.
 - Исследование на предмет мультифокальных или контралатеральных поражений.

— Постоянный контроль за пациентками, находящимися на гормональной терапии, или у женщин с наследственной предрасположенностью.

Комбинированное применение всех трех методов (ММГ+Т, УЗИ и МРТ) целесообразно в следующих случаях [6; 8; 9; 11]:

1. Сложная клиническая ситуация:

При наличии неопределенных или сложных случаев, где результаты одного из методов не позволяют окончательно установить диагноз, комбинированные подходы могут обеспечить более полную картину состояния молочной железы.

2. Высокая плотность ткани:

У пациенток с высокоплотной тканью молочной железы, где маммография может упустить небольшие новообразования, применяется комбинация ММГ+Т и УЗИ. МРТ в данном случае позволяет получить дополнительную информацию о распределении и характере опухоли и помогает в уточнении диагноза.

Заключение

Стратегический подход, включающий комплексное применение методов и учитывающий индивидуальные особенности каждой пациентки, может значительно повысить шансы на успешное обнаружение заболевания на ранних стадиях и, следовательно, улучшить прогноз для пациенток. МРТ, благодаря своей высокой чувствительности и спецификации, должна рассматриваться как предпочтительный метод в сложных случаях и для женщин с высокой плотностью тканей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурменская О.В., Кометова В.В., Сметник А.А. Изменение экспрессии мРНК драйверных генов онкогенеза при атипичной протоковой гиперплазии молочной железы // Опухоли женской репродуктивной системы. — 2023. — №19(4). — С. 26–35.
2. Волченко Н.Н., Борисова О.В. Апокринный рак молочной железы // Новости клинической цитологии России. — 2019. — 23(3). — С. 22–25.
3. Ворошина Н.В., Важенин А.В., Доможирова А.С. Организация Центра диагностики и лечения опухолей молочной железы на базе государственного регионального онкологического центра // Здравоохранение Российской Федерации. — 2020. — №64(2). — С. 61–67.
4. Высоцкая И.В., Гладилина И.А., Кирсанов В.Ю. Поражения молочной железы с неопределенным злокачественным потенциалом // Опухоли женской репродуктивной системы. — 2021. — Т.17. — №2. — С. 46–57.
5. Высоцкая И.В., Летягин В.П. Атипичные гиперплазии молочной железы // Опухоли женской репродуктивной системы. — 2015. — Т.11. — №4. — С. 10–17.
6. Голубева Т.С., Тодуа Н.Г., Белова Е.В. Эпидемиология и диагностика рака молочной железы на современном этапе (обзор литературы) // Universum: медицина и фармакология: электрон. научн. журн. — 2025. — №1(118). — С. 48–55.
7. Кайгородова Е.В., Заваруев И.С., Чернышова А.Л. Прогностическая значимость атипичных / гибридных форм клеток еpCAM+CD45+ в крови у больных раком эндометрия // Опухоли женской репродуктивной системы. — 2023. — №19(2). — С. 104–108.
8. Максимов Д.А., Морозов А.М., Пенязь Е.В. Современные методы визуализационной диагностики неинвазивных карцином молочной железы (обзор литературы) // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». Реабилитация, Врач и Здоровье. — 2023. — №13(6). — С. 74–79.
9. Молочкова Ю.В., Кунцевич Ж.С., Сухова Т.Е. Фотодинамическая терапия типичной и атипичной кератоакантомы // Альманах клинической медицины. — 2016. — №44 (1). — С. 64–70.
10. Никитина Е.А., Нечушкин М.И., Триголосова А.В. Рак Педжета молочной железы (обзор литературы) // Опухоли женской репродуктивной системы. — 2016. — №12(4). — С. 37–46.

11. Павлова Т.В., Малютина Е.С., Пилькевич Н.Б. Предикторы биохимического анализа в пожилом возрасте // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. — 2021. — №2. — С. 119–132.
12. Санджиева Л.Н., Солопова А.Г., Блинов Д.В. Роль метаболического синдрома и современные подходы к лечению и реабилитации у пациенток с рецидивирующей атипичной гиперплазией эндометрия и раком эндометрия // Врач. — 2022. — №33 (8). — С. 5–10.
13. Солодкий В.А., Каприн А.Д., Нуднов Н.В. Современные системы поддержки принятия врачебных решений на базе искусственного интеллекта для анализа цифровых маммографических изображений // Вестник рентгенологии и радиологии. — 2023. — №104(2). — С. 151–162.
14. Топузов Э.Э., Орлова Р.В., Аршба Э.А. Влияет ли суммарный размер опухоли при мультифокальном / мультицентричном раке молочной железы на выживаемость? // Вопросы онкологии. — 2022. — Т. 68. — №3. — С. 333–341.
15. Шевкина С.П., Жестовская С.И., Вязьмин В.В., Шумилина Н.Ю. Опыт применения однофотонной эмиссионной компьютерной томографии молочных желез с ^{99m}Tc -МИБИ // Вестник рентгенологии и радиологии. — 2023. — 104(3). — С. 208–221.
16. Шкляев К.В., Дунай И.Н. Клинический случай атипичной формы рака Педжета молочной железы // Диагностика и лечение опухолей. Оригинальные статьи. — 2016. — №1. — С. 17–18.
17. Юсупова И.Р., Дуб А.А. Характеристика уровня простат-специфического антигена при атипической мелкоацинарной пролиферации и аденокарциноме предстательной железы в возрастном аспекте // Вестник Совета молодых учёных и специалистов Челябинской области. — 2016. — Т.3. — №4 (15). — С. 30–34.

© Васильева Ирина Яковлевна (ivassilieva@emcmos.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АТИПИЧНЫЕ ФОРМЫ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ: НЕКОНТРАСТНЫЙ РАК

ATYPICAL FORMS OF MALIGNANT NEOPLASMS OF THE BREAST: NON-CONTRAST CANCER

I. Vasilyeva

Summary. The object of the study was a patient with an atypical form of breast cancer (with non-contrast cancer). The patient's age is 76 years. The obtained data confirm the fact that standard methods of visualization of breast cancer were ineffective. To confirm the diagnosis, it was necessary to resort to such methods as ultrasound examination. The neoplasms were categorized according to ACR-BI-RADS. A core biopsy was performed to clarify the diagnosis. Histological and immunohistochemical (IHC) studies were performed. All this confirmed the presence of atypical breast cancer (non-contrast cancer) in the patient. This is quite consistent with the literature data.

Keywords: breast cancer, non-contrast cancer, atypical cancer, atypia, visualization, contrast.

Васильева Ирина Яковлевна

Специалист по лучевой и малоинтервенционной
диагностике заболеваний молочных желез,

Первый Московский Медицинский институт
имени И.М. Сеченова;

Руководитель, «Европейский Медицинский Центр»
г. Москва

ivassilieva@emcmos.ru

Аннотация. В качестве объекта исследования выступала пациентка с атипичной формой рака молочной железы (с неконтрастным раком). Возраст пациентки — 76 лет. Полученные данные подтверждают тот факт, что стандартные методы визуализации рака молочной железы оказались неэффективными. Для подтверждения диагноза пришлось прибегнуть к таким методам, как ультразвуковое исследование. Была проведена категоризация новообразований по ACR-BI-RADS. Проведена core-биопсия для уточнения диагноза. Были выполнены гистологические и иммуногистохимические (ИГХ) исследования. Все это подтвердило наличие у пациентки нетипичного рака молочной железы (неконтрастный рак). Это вполне согласуется с литературными данными.

Ключевые слова: рак молочной железы, неконтрастный рак, атипичный рак, атипия, визуализация, контраст.

Актуальность темы

Атипичные формы злокачественных новообразований молочной железы представляют собой разнообразную группу опухолевых процессов, которые отличаются от классических форм рака молочной железы своими морфологическими, клиническими и биологическими характеристиками. К таким атипичным формам относятся, в частности, МР-неконтрастный рак, который вызывает особый интерес у клиницистов и исследователей.

Неконтрастный рак, или рак молочной железы с неконтрастными признаками, обозначает опухоль, которая, несмотря на наличие злокачественных клеток, не проявляет типичных признаков при МРТ, рентгенографических и ультразвуковых исследованиях. Это может затруднить раннюю диагностику и привести к задержке в установлении диагноза. К этому классу относятся различные формы опухолей, которые на ранних стадиях могут не проявляться характерными паттернами на стандартных визуализирующих методах [6].

Актуальность исследования неконтрастного рака заключается в том, что его ранняя диагностика крити-

чески важна для выбора эффективной тактики лечения [10; 11]. В результате недостаточной осведомленности и сложностей в визуализации данная форма рака может оставаться недиагностированной на длительные сроки, что приводит к более запущенным стадиям заболевания, снижению шансов на успешное лечение и повышению смертности среди пациентов.

Проблематика исследования

Сложность диагностики неконтрастного рака молочной железы обуславливается несколькими факторами. Во-первых, отсутствие типичных визуальных признаков на маммограммах или УЗИ может привести к ошибкам в интерпретации данных, в связи с чем человеку не ставят соответствующий диагноз. Во-вторых, для постановки диагноза возникает необходимость в использовании дополнительных и более сложных методов визуализации, таких как МРТ или ПЭТ-КТ. Важным становится наличие специфических молекулярных маркеров для диагностики и необходимость проведения биопсии для уточнения диагноза. Все это добавляет сложности в ходе диагностики, существенно усложняет диагностику [3; 5; 7; 10].

Кроме того, трудности в лечении атипичных форм рака, таких как неконтрастный рак, связаны с неоднородностью опухолевых клеток и их реакцией на стандартные методы терапии. Поскольку неконтрастные формы могут включать агрессивные подтипы, выбор адекватной терапевтической стратегии становится ещё более критическим. На фоне значительных различий в биологии опухолей, персонализированный подход к терапии в сочетании с комплексной диагностикой становится необходимым для повышения эффективности лечения [1; 4; 5; 6; 10].

Степень разработанности тематики

Изученность и разработанность данной тематики находится на крайне низком уровне, поскольку неконтрастный рак — это крайне редкое явление. Каких-либо рандомизированных исследований на эту тему не проводилось, ввиду отсутствия необходимой выборки. Встречаются только отдельные, единичные клинические случаи, каждый из которых подвергается тщательному анализу.

Цель исследования — анализ клинического случая проявления атипичной формы злокачественного новообразования молочной железы (неконтрастный рак), обобщение имеющихся литературных данных относительно этого случая.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования выступала пациентка с атипичной формой рака молочной железы (с неконтрастным раком). Возраст пациентки — 76 лет. Была направлена врачом общей практики на скрининг рака молочной железы (РМЖ). Пациентке была проведена цифровая рентгеновская маммография с томосинтезом (ММГ), магнитно-резонансная томография (МРТ), ультразвуковое исследование молочных желез (УЗИ), core-биопсия под эхо-навигацией с последующим гистологическим и ИГХ исследованием.

Был проведен анализ научных публикаций, литературных источников по теме исследования (применялись теоретические методы — анализ, обобщение, систематизация, классификация).

Результаты исследования

Рассмотрим клинический случай, а затем в разделе «Обсуждение» проведем его сопоставление с имеющимися литературными данными.

Анамнез пациента:

1. Общие данные:

— Фамилия, инициалы: Пациентка М.

— Возраст: 76 лет.

— Рост: 165 см.

— Вес: 61 кг.

2. Общие сведения:

— Пациентка направлена общим врачом для скрининга рака молочной железы (РМЖ).

— В семейной истории отсутствуют случаи злокачественных заболеваний молочных желез и яичников.

3. История заболеваний:

— Регулярные профилактические обследования проводились на протяжении жизни.

— При предыдущем исследовании, проведенном год назад, патологические изменения в молочных железах не были выявлены.

4. Клиническое обследование:

— При осмотре и пальпации молочных желез изменений не обнаружено.

— Подмышечные области также исследованы и изменений не выявлено.

5. Результаты маммографического исследования (ММГ):

— Плотность тканей обеих молочных желез: A-ACR.

— В нижне-внутреннем квадранте правой молочной железы, на расстоянии 10 мм от грудной мышцы, визуализировано гиперденное новообразование неправильной формы размером 20x22x20 мм, неоднородной структуры с четкими неровными и частично размытыми контурами.

— В переднем отделе правой молочной железы определены обособленные участки изменённой структуры ткани общей площадью 20 x 20 x 30 мм.

— Исследование оценено по классификации ACR BIRADS 4c. Данные представлены на рис. 1.

6. Результаты магнитно-резонансной томографии (МРТ):

— МРТ молочных желез проведена с внутривенным контрастированием по короткому протоколу.

— Фоновое контрастирование тканей определено как низкое (не более 20 %).

— В правых верхних квадрантах выявлены четыре контрастированных новообразования диаметром от 5 мм до 8 мм, овальной и округлой формы, с неровными чёткими контурами. Контрастирование новообразований составило 200 % за 125 секунд, определён 3-й тип кинетической кривой на графике сила-сигнала — время.

— В нижне-внутреннем квадранте правой молочной железы, в области, выявленной при ММГ, определено контрастируемое новообразование неправильной формы однородной структуры размером 18 x 20 x 20 мм, характеризующееся минимальным (менее фонового контрастирования) контрастированием в последовательности T1-ВИ и отсутствием контрастирования в субтракционном изображении.

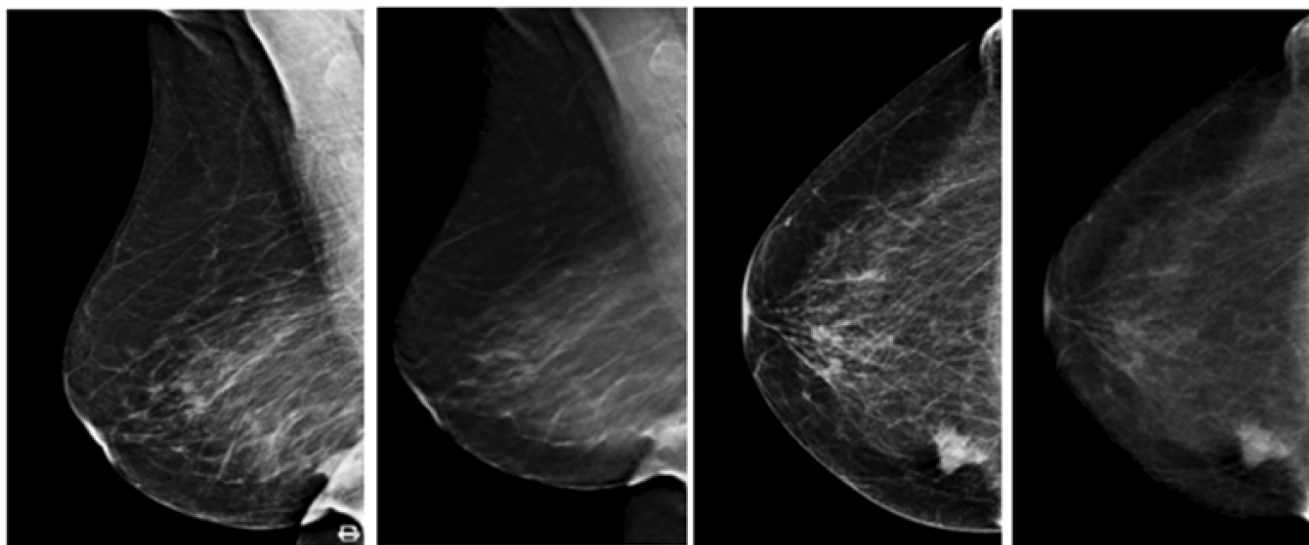


Рис. 1. Цифровая рентгеновская маммография правой молочной железы с томосинтезом: в нижневнутреннем квадранте неоднородное плотное новообразование неправильной формы с неровным краем. В переднем отделе локальные изменения структуры ткани

— При сканировании в последовательности T2-ВИ отмечена неоднородность структуры опухоли в центральных отделах, проявляющаяся тонкими единичными контурными спиклами и однородным снижением МР-сигнала по периферии. Размер опухоли в T2-ВИ составил 20 x 25 x 25 мм. Данные представлены на рис. 2.

Таким образом, полученная нами информация характеризует клиническую ситуацию пациентки и обоснованно подчеркивает необходимость дальнейшей диагностики и возможного лечения с учётом выявленных изменений в структурах молочной железы. Поэтому далее нами было проведено ультразвуковое исследование молочной железы, а также было выполнено гистологическое и иммуногистохимическое исследование.

Ультразвуковое исследование:

- Новообразования были обнаружены при ультразвуковом исследовании.
- Категоризация новообразований по ACR-BI-RADS: 4.
- Проведена core-биопсия для уточнения диагноза.

Гистологические и иммуногистохимические (ИГХ) исследования:

- Во всех образцах ткани, полученных в ходе биопсии, был выявлен неспецифицированный рак молочной железы.
- Рецепторный статус опухоли:
- Эстроген: положительный.
- Прогестерон: отрицательный.
- HER2: положительный (3+).
- Индекс пролиферации Ki67:
- В опухолевых узлах верхних квадрантов молоч-

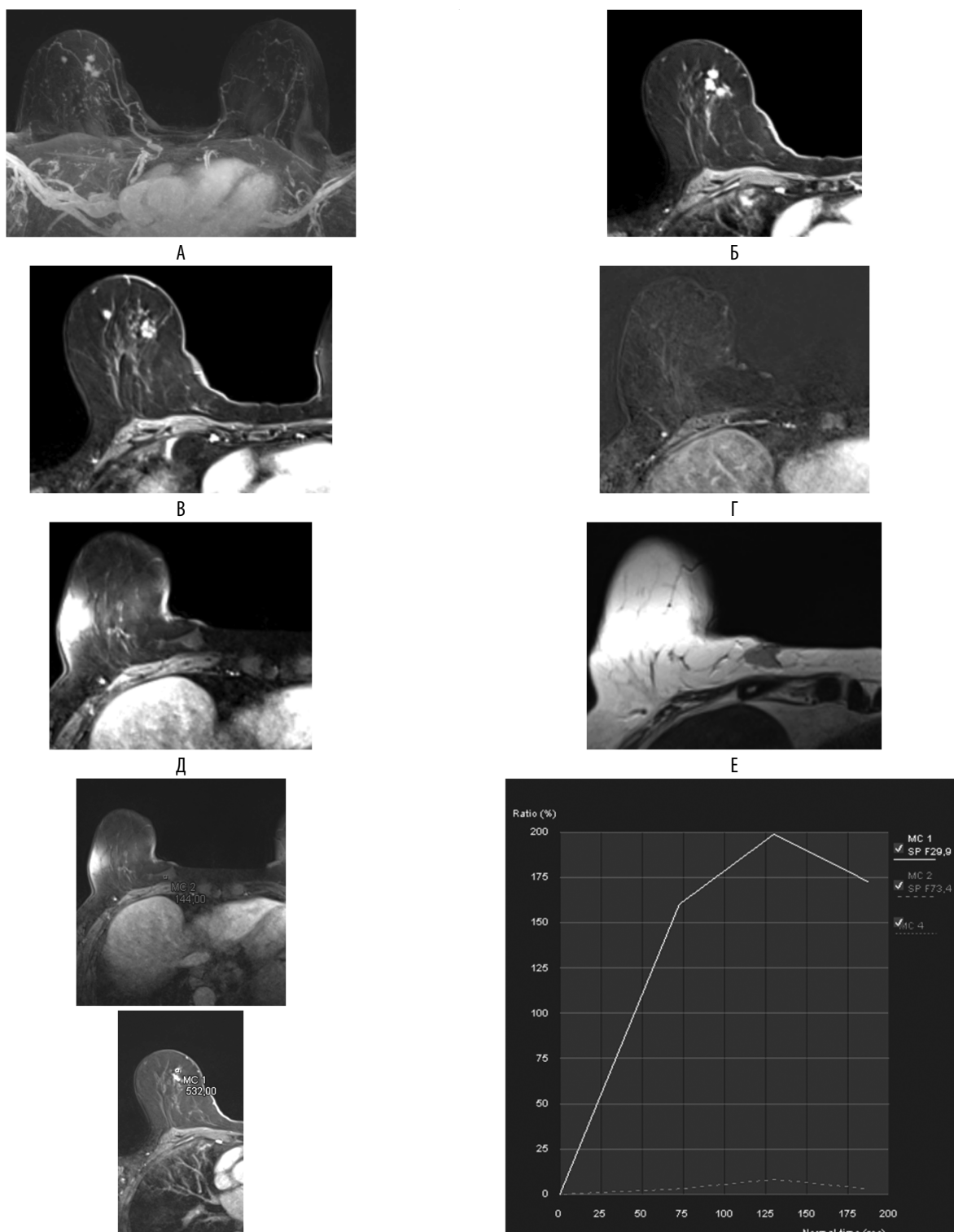
ной железы: 24 %.

- В опухоли нижневнутреннего квадранта: 25 %.

Итоговое гистологическое исследование: проведено хирургическое вмешательство в объёме сосок сохраняющей мастэктомии с удалением сигнальных лимфатических узлов. Результаты гистологического и ИГХ исследования после операции показали идентичные показатели, как и при первоначальных исследованиях. Метастазы в удалённых лимфатических узлах не обнаружены. Гистологический размер поражения верхних квадрантов молочной железы соответствовал размерам, указанным в последовательности T1-ВИ. Размер опухолевого узла нижневнутреннего квадранта при итоговом гистологическом исследовании совпадал с размерами, оценёнными в последовательности T2-ВИ.

Результаты ультразвуковой диагностики представлены на рис. 3.

Таким образом, полученные данные подтверждают тот факт, что стандартные методы визуализации рака молочной железы оказались неэффективными. Для подтверждения диагноза пришлось прибегнуть к таким методам, как ультразвуковое исследование. Была проведена категоризация новообразований по ACR-BI-RADS. Проведена core-биопсия для уточнения диагноза. Были выполнены гистологические и иммуногистохимические (ИГХ) исследования. Все это подтвердило наличие у пациентки нетипичного рака молочной железы (неконтрастный рак). Далее нами был проведен анализ доступной литературы на предмет выявления и анализа аналогичных клинических случаев, обобщения имеющегося зарубежного и отечественного опыта в этом направлении.



Ж

Рис. 2. Изображения МРТ исследования пациентки М.: а) МIP-реконструкция с признаками патологических новообразований в верхних отделах правой молочной железы; б), в) T1-ВИ последовательность: определяются мелкие контрастные новообразования двух верхних квадрантов; г), д) изображение в T1-ВИ и субтракции области нижневнутреннего квадранта: в последовательности T1-ВИ определяется новообразование с фоновым контрастированием, не контрастное в субтракции; е) изображение T2-ВИ в области нижневнутреннего квадранта: определяется патологическое новообразование, расположенное ближе к переходной складке, плотно прилежит к коже. Новообразование имеет пониженный МР-сигнал с центра и низкий МР-сигнал по периферии; ж) построение кривых интенсивности МР сигнала от выявленных новообразований нижневнутреннего и верхне-внутреннего квадрантов

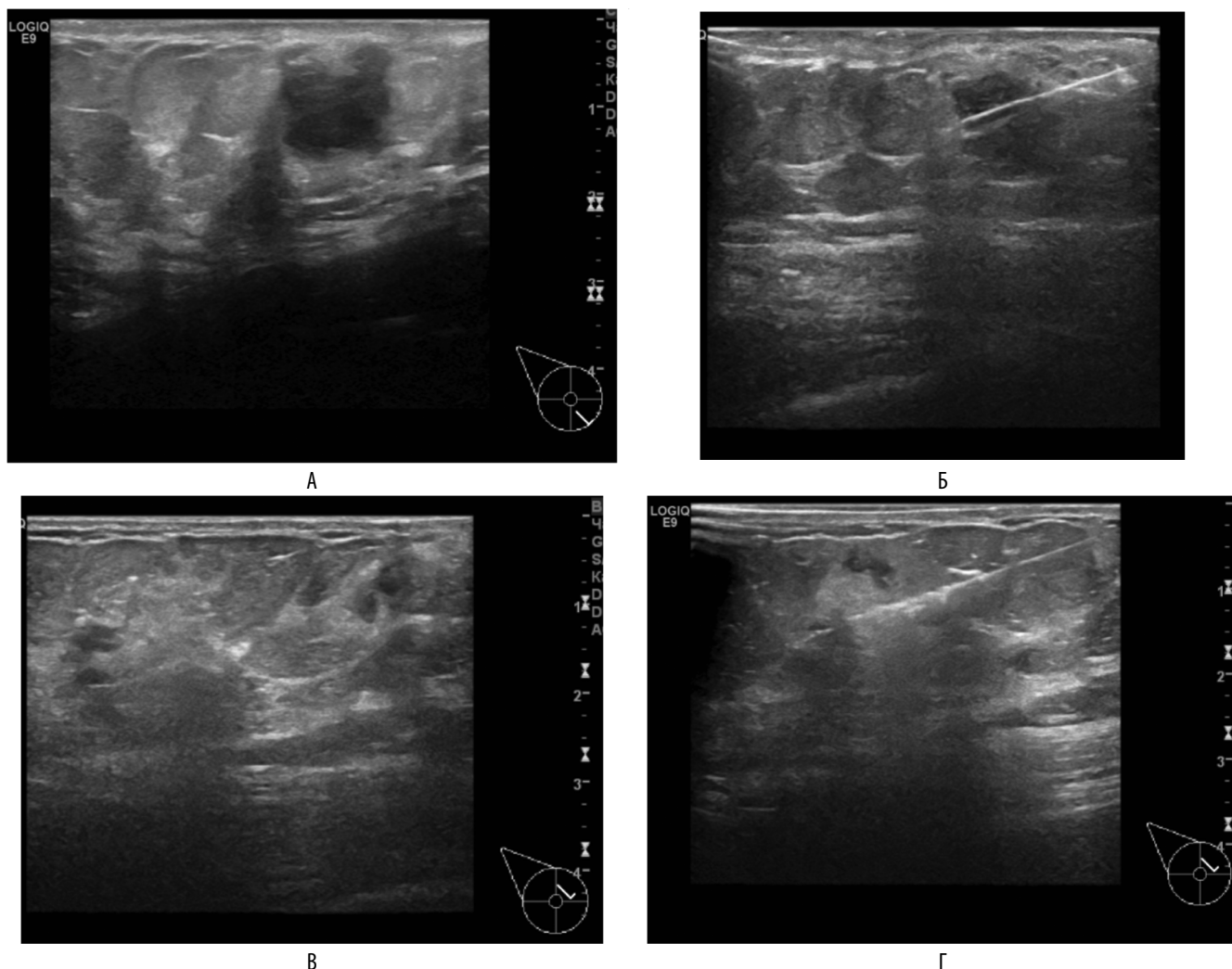


Рис. 3. Ультразвуковые изображения области верхних отделов правой молочной железы: а), б) с новообразованием нижневнутреннего отдела и его биопсия; в), г) новообразования верхних отделов правой железы и биопсия.

Обсуждение результатов

Источников, посвященных изучению особенностей атипичного пака немного. Определенный интерес представляют исследования, проведенные Санджиевой Л.Н. и соавт. [9]. Авторы детально изучили этиопатогенетические механизмы, факторы риска, особенности развития атипичного рака на примере рака эндометрия. Исследователи выделяют «метаболическую триаду» (ожирение, сахарный диабет, артериальная гипертензия), которая часто наблюдается у молодых женщин с гиперпластическими патологиями.

В рамках метаболического синдрома происходят изменения в метаболических процессах, хронический окислительный стресс и воспаление, что увеличивает риск сердечно-сосудистых заболеваний, диабета и злокачественных преобразований клеток. Нарушается функция адипоцитов, которыми вырабатываются лептин, фактор некроза опухоли- α (ФНО α) и интерлей-

кин-6 (ИЛ-6). Эти вещества участвуют в воспалительных процессах и нарушениях обмена веществ, что приводит к риску гиперплазии и атипии.

Гиперинсулинемия и повышение инсулиноподобного фактора роста (ИФР) способствуют пролиферации клеток рака. Показано, что более тяжелая стадия рака эндометрия и низкая степень гистологической дифференцировки ассоциированы с повышенной концентрацией лептина. Клетки рака эндометрия (линии Ishikawa, ECC-1, HEC-1-A, HEC-1-B, RL95-2 и AN3CA) экспрессируют изоформы рецептора лептина Ob-Ra и Ob-Rb, что подчеркивает их роль в патогенезе болезни.

Таким образом, данное исследование подчеркивает важность понимания взаимосвязи между метаболическими нарушениями и риском развития гиперплазии эндометрия и рака, что может помочь в разработке эффективных стратегий профилактики и лечения этих заболеваний [9].

В исследованиях Никитиной Е.А. и соавт. [7], описана еще одна атипичная форма рака молочной железы — рак Педжета. Рак развивается, затрагивая клетки Педжета, которые обладают характеристиками, схожими с железистыми клетками, и часто демонстрируют гиперэкспрессию рецептора HER-2/neu. Клетки Педжета могут быть производными железистых стволовых клеток или эпидермальных Токер-клеток (жидкостное эпителиальное образование соска), с которыми они имеют схожие морфологические особенности.

Клетки Педжета имеют специфические молекулярные маркеры, такие как гиперэкспрессия апомуцинов (MUC1, MUC2, MUC5AC). Некоторые исследования указывают на хромосомные изменения и потерю гетерозиготности в клетках Педжета, однако большинство авторов склоняются к тому, что клетки Педжета имеют общие черты с внутрипротоковым раком. Клетки Педжета способны экспрессировать херегулин- α , который взаимодействует с рецепторами HER-2/neu и активирует процесс инфильтрации клеток, вызывая их внедрение в эпидермис. Это взаимодействие способствует хемотаксису клеток внутрипротоковой аденокарциномы, усиливая патогенез РП.

Диагноз основывается на клинических данных, однако необходимо применять маммографию и ультразвуковое исследование для оценки стадии и подлежащих опухолей, поскольку они также не всегда диагностируются при помощи стандартных контрастных методов. Маммография должна включать медиолатеральные и краниокаудальные проекции для анализа изменений соска (утолщение, втяжение, уплощение). На снимках могут обнаруживаться микрокальцинаты в области соска и САК, а также другие очаговые образования, указывающие на возможное присутствие инвазивного протокового рака. Эти аспекты патогенеза и клинической диагностики рака Педжета подчеркивают его сложность и необходимость комплексного подхода в лечении и диагностике этого заболевания [7].

Кайгорода Е.В. изучала прогностические факторы, которые могут применяться в диагностики злокачественных новообразований, и в частности, атипичных форм. Было показано, что количество атипичных / гибридных форм клеток EpCAM+CD45+ до начала лечения связано с риском развития рецидивов и гематогенных метастазов у пациентов [5].

Также определенный интерес представляют исследования Павловой Т.В., которая изучала атипичный опухолевый рост. Было показано, что в участках скопления опухолевых клеток наблюдается повышение содержания кислорода, а по мере удаления от скопления опухолевых клеток содержание кислорода и азота уменьшается. При изучении содержания азота и углерода было

установлено, что их содержание снижено в участках скопления атипичных клеток и увеличивается по мере отдаления от них [8].

Высоцкая И.В. и соавт. изучали случаи поражения молочной железы с неопределенным злокачественным потенциалом, в том числе, атипичные формы новообразований. Показано, что риск рака молочной железы для женщин с атипичной гиперплазией составляет 1 % в год; через 5 лет риск увеличивается до 7 %, через 10 лет — до 13 %, а через 25 лет каждая третья женщина заболевает. Выделено несколько форм атипии.

Так, атипичная протоковая гиперплазия (АДГ) представляет собой неопластическую интрадуктальную пролиферацию, ограниченную одной терминальной протоково-дольковой единицей, размером обычно ≤ 2 мм. Молекулярно-биологические характеристики АДГ схожи с DCIS (доктильный карцином in situ), что затрудняет их дифференцирование по результатам биопсии. Также трудно поддаются диагностике при помощи контрастных методов. Почти 90 % случаев АДГ показывают отрицательную реакцию на высокомолекулярные цитокератины.

Дольковая (лобулярная) неоплазия (ЛН) включает ряд атипичных интралобулярных пролифераций терминальной протоково-дольковой единицы. Классическая ЛН включает LCIS и атипичную лобулярную гиперплазию (АЛГ), которые составляют большинство ЛН. Использование Е-кадгерина и катенина P120 помогает исключить АДГ и DCIS, облегчая диагностику [3].

Заключение

Результаты проведенного нами исследования показали, что стандартные методы визуализации рака молочной железы, в частности МРТ с контрастированием могут не показать контрастирование в области злокачественной опухоли. Существуют неконтрастные формы, при работе с которыми целесообразно проанализировать T2 –ВИ и оценив МР-морфологию находки и прибегнуть к таким методам, как ультразвуковое исследование, гистологические и иммуногистохимические (ИГХ) исследования. Атипичные формы рака молочной железы, которые могут не всегда быть диагностированы с помощью контрастных методов, включают следующие:

1. Атипичная протоковая гиперплазия (АДГ). Представляет собой неопластическую пролиферацию в пределах одной терминальной протоково-дольковой единицы. Она, может быть, не выявлена при рутинных визуализационных методах, таких как маммография или УЗИ [1].
2. Атипичная лобулярная гиперплазия (АЛГ). Состояние характеризуется атипичными изменениями в клетках, которые составляют лобулярные струк-

- туры молочной железы. АЛГ также может быть не видна на маммографии [1].
3. Дольковая карцинома in situ (LCIS). Хотя LCIS не является инвазивной формой рака, она считается атипичной пролиферацией, потому что является предшественником инвазивного рака молочной железы и может быть пропущена при использовании традиционных визуализационных методов [2].
 4. Микрогландулярная атипия. Редкая форма, связанная с атипичными изменениями в малых структурах, таких как мелкие железы в молочной железе.
 5. Плеоморфная атипичная лобулярная гиперплазия. Редкий вариант атипичной лобулярной гиперплазии с более сложными морфологическими изменениями, который также может не распознаваться при контрастной маммографии [4].
 6. Рак Педжета молочной железы. В некоторых случаях рак Педжета, может быть, не выявлен при маммографии, особенно если визуальные изменения незначительны [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурменская О.В., Кометова В.В., Сметник А.А. Изменение экспрессии мРНК драйверных генов онкогенеза при атипичной протоковой гиперплазии молочной железы // Опухоли женской репродуктивной системы. — 2023. — №19(4). — С. 26–35.
2. Волченко Н.Н., Борисова О.В. Апокринный рак молочной железы // Новости клинической цитологии России. — 2019. — 23(3). — С. 22–25.
3. Высоцкая И.В., Гладиллина И.А., Кирсанов В.Ю. Поражения молочной железы с неопределенным злокачественным потенциалом // Опухоли женской репродуктивной системы. — 2021. — Т.17. — №2. — С. 46–57.
4. Высоцкая И.В., Летягин В.П. Атипичные гиперплазии молочной железы // Опухоли женской репродуктивной системы. — 2015. — Т.11. — №4. — С. 10–17.
5. Кайгородова Е.В., Заваруев И.С., Чернышова А.Л. Прогностическая значимость атипичных / гибридных форм клеток еpCAM+CD45+ в крови у больных раком эндометрия // Опухоли женской репродуктивной системы. — 2023. — №19(2). — С. 104–108.
6. Молочкова Ю.В., Кунцевич Ж.С., Сухова Т.Е. Фотодинамическая терапия типичной и атипичной кератоакантомы // Альманах клинической медицины. — 2016. — №44 (1). — С. 64–70.
7. Никитина Е.А., Нечушкин М.И., Триголосова А.В. Рак Педжета молочной железы (обзор литературы) // Опухоли женской репродуктивной системы. — 2016. — №12(4). — С. 37–46.
8. Павлова Т.В., Малютина Е.С., Пилькевич Н.Б. Предикторы биохимического анализа в пожилом возрасте // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. — 2021. — №2. — С. 119–132.
9. Санджиева Л.Н., Солопова А.Г., Блинов Д.В. Роль метаболического синдрома и современные подходы к лечению и реабилитации у пациенток с рецидивирующей атипичной гиперплазией эндометрия и раком эндометрия // Врач. — 2022. — №33 (8). — С. 5–10.
10. Шкляев К.В., Дунай И.Н. Клинический случай атипичной формы рака Педжета молочной железы // Диагностика и лечение опухолей. Оригинальные статьи. — 2016. — №1. — С. 17–18.
11. Юсупова И.Р., Дуб А.А. Характеристика уровня простат-специфического антигена при атипичной мелкоацинарной пролиферации и аденокарциноме предстательной железы в возрастном аспекте // Вестник Совета молодых учёных и специалистов Челябинской области. — 2016. — Т.3. — №4 (15). — С. 30–34.

© Васильева Ирина Яковлевна (ivassilieva@emcmos.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСОБЕННОСТИ И МЕХАНИЗМЫ РАЗВИТИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ФОРМ АЛЛЕРГИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ, ВКЛЮЧАЮЩИХ ГИПЕРЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ КЛЕТОЧНОГО И ГУМОРАЛЬНОГО ТИПОВ. КОНТАКТНЫЕ ДЕРМАТИТЫ

PECULIARITIES AND MECHANISMS OF DEVELOPMENT OF CERTAIN FORMS OF ALLERGIC REACTIONS, INCLUDING HYPERSENSITIVITY OF CELLULAR AND HUMORAL TYPES. CONTACT DERMATITIS

**K. Volkov
G. Afanasyeva
N. Polutova
M. Polidanov
V. Polutov**

Summary. Allergy of this type occurs more often to low molecular weight substances of organic and inorganic origin: various chemicals, paints, varnishes, cosmetics, antibiotics, pesticides, arsenic, cobalt, platinum compounds affecting the skin. Contact dermatitis can also cause substances of plant origin — cotton seeds, citrus fruits. Allergens, penetrating the skin, form stable covalent bonds with SH— and NH₂-groups of skin proteins. These conjugates have sensitizing properties.

Keywords: allergy, contact dermatitis, sensitization, antigens, graft.

Введение

Сенсибилизация обычно возникает в результате длительного контакта с аллергеном. При контактных дерматитах патологические изменения наблюдаются в поверхностных слоях кожи. При этом отмечаются: инфильтрация воспалительными клеточными элементами, дегенерация и отслойка эпидермиса, а также нарушение целостности базальной мембраны.

При контактных дерматитах морфологические изменения характеризуются фазным характером инфильтрации: после инъекции антигена-аллергена через 2–3

Волков Кирилл Андреевич
Лаборант, Саратовский национальный
исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского;
Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского
KvoLee@yandex.ru

Афанасьева Галина Александровна
доктор медицинских наук, профессор,
заведующая кафедрой, Саратовский государственный
медицинский университет им. В.И. Разумовского

Полутова Наталия Васильевна
кандидат медицинских наук, доцент,
Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского

Полиданов Максим Андреевич
специалист научно-исследовательского отдела,
ассистент, Университет «Реавиз», г. Санкт-Петербург
maksim.polidanoff@yandex.ru

Полутов Вадим Эдуардович
Ассистент, Саратовский государственный
медицинский университет им. В.И. Разумовского
polutov96@yandex.ru

Аннотация. Контактные дерматиты чаще всего возникают в результате ответа к различным химическим веществам, которые воздействуют на кожу: соединениям мышьяка, лакам, антибиотикам, косметическим препаратам, краскам, пестицидам, соединениям мышьяка. Кроме того, аллергию данного типа могут вызывать вещества растительного происхождения. Аллергены, в свою очередь, попадая на кожу, связываются с ее белками, образуя новые соединения, которые обладают сенсибилизирующими свойствами.

Ключевые слова: аллергия, контактный дерматит, сенсибилизация, антигены, трансплантат.

часа возникает инфильтрация тканей молодыми формами нейтрофилов. В периваскулярной области через 5–6 часов отмечаются моноциты. Через 8 часов, в свою очередь, наблюдается интенсивная инфильтрация моноцитами, однако, к 24–72 часам она уменьшается. Основными клеточными элементами в составе инфильтрата являются лимфоциты и макрофаги.

В связи с этим, целью исследования стало изучение особенностей и механизмов развития отдельных форм аллергических реакций, включающих гиперчувствительность клеточного и гуморального типов.

Материалы и методы

Изучены результаты научных исследований, которые были посвящены анализу особенностей и механизмов развития отдельных форм аллергических реакций, включающих гиперчувствительность клеточного и гуморального типов. Для анализа использовались различные базы данных, такие как Scopus, Web of Science, MedLine, Science Direct, PubMed и eLIBRARY.ru. Поиск осуществлялся, по ключевым словам, связанным с аллергическими реакциями, включающими гиперчувствительность клеточного и гуморального типов. В итоге было отобрано 18 статей на английском и русском языках, а первая публикация посвященной данной проблеме уходит в 1963 год. Методы исследования включали аналитический анализ и обобщение данных.

Результаты

Инфекционная аллергия возникает, когда в организме присутствует хроническая инфекция, вызванная бактериями, грибами, вирусами или паразитами. Во время инфекции организм распознает и реагирует на микроорганизмы и их компоненты. Этот процесс может вызывать аллергическую реакцию, называемую гиперчувствительностью замедленного типа (ГЗТ).

Микроорганизмы и их компоненты называются антигенами. Когда организм подвергается воздействию этих антигенов, иммунная система может стать чувствительной к ним. Это приводит к сенсибилизации, которая является первым шагом к развитию инфекционной аллергии.

В случае инфекционной аллергии активную роль играют определенные клетки иммунной системы, называемые дендритными клетками и Т-лимфоцитами (Th1 и CD8). Дендритные клетки активируют Th1-клетки, которые производят цитокин интерферон-гамма (IFN γ). IFN γ активирует макрофаги, которые уничтожают зараженные клетки. CD8-клетки также участвуют в уничтожении зараженных клеток.

В определенных условиях сенсибилизация к микробным антигенам способствует ликвидации патологического процесса: улучшается обмен веществ, отмечается стимуляция фагоцитарной и метаболической активности способность макрофагов, а также увеличивается количество лизоцима.

Отторжение трансплантата. Организм реципиента распознает при трансплантации антигены гистосовместимости и запускает иммунные реакции, которые ведут к отторжению трансплантата. Основные антигены, вызывающие отторжение, находятся на всех клетках с ядром (кроме некоторых исключений) и распознаются одними типами иммунных клеток (CD8-лимфоциты),

а другие — на специализированных клетках иммунной системы и распознаются другими (CD4-лимфоциты). Даже антигены групп крови (ABO и Rh) на эритроцитах и в почках могут способствовать отторжению пересаженного органа.

Виды трансплантатов. Если донор и реципиент генетически идентичны (например, однояйцевые близнецы или при пересадке собственной ткани — аутотрансплантация), то отторжения не происходит (сингенный трансплантат). Если донор и реципиент принадлежат к одному виду, но генетически различны (аллогенный трансплантат), то происходит отторжение, которое можно подавить иммуносупрессантами. Если же донор и реципиент принадлежат к разным видам (ксеногенный трансплантат), отторжение также неизбежно. Хотя современные иммунодепрессанты (например, циклоспорин) улучшили результаты аллогенных и ксеногенных трансплантаций, однако, проблема полного предотвращения отторжения всё ещё актуальна.

Механизмы отторжения трансплантата. Выделяют как клеточный, так и гуморальный иммунный ответ при отторжении трансплантата: цитотоксические реакции, механизмы ГЗТ и иммунокомплексные реакции.

Отторжение пересаженного органа или ткани может происходить с разной скоростью. Быстрее всего — сверхострое отторжение, развивающееся в течение нескольких часов или дней, часто из-за наличия уже имеющихся в организме антител (например, при повторной пересадке). Острое отторжение начинается позже, через недели или месяцы, и продолжается несколько дней. В обоих случаях главную роль играют иммунные реакции, связанные с антителами. Помимо этих двух форм, существуют также подострое и хроническое отторжение, протекающие медленнее.

В основе подострого и хронического отторжения (соответственно от нескольких недель до нескольких месяцев) лежат реакции клеточного иммунитета.

Главными «виновниками» отторжения трансплантата являются вещества TNF и IFN γ . Они не только подавляют клетки пересаженного органа и активируют клетки, убивающие чужеродные клетки, но и делают «чужеродные» антигены более заметными для иммунной системы, тем самым привлекая ещё больше «киллеров». При этом CD4-лимфоциты (помощники) играют даже более важную роль в отторжении, чем CD8-лимфоциты (киллеры).

При аллотрансплантации кожи, костного мозга или почки, организм реципиента вырабатывает антитела, атакующие пересаженную ткань. Эти антитела повреждают клетки пересаженного органа, вызывая воспаление и привлекая клетки иммунной системы, такие как

Т-киллеры и макрофаги. Процесс повреждения включает в себя повышение проницаемости сосудов, разрушение клеток стенок сосудов, активацию системы свертывания крови и образование тромбов. Различные компоненты комплемента усиливают воспаление, привлекая лейкоциты, которые дополнительно разрушают пересаженную ткань. В итоге все эти реакции приводят к воспалению сосудов (васкулит), образованию тромбов и гибели тканей из-за недостатка кровоснабжения (ишемический некроз). Кроме того, активизируются различные компоненты системы комплемента:

- Фракции, привлекающие клетки иммунной системы (хемотаксические), стимулируют привлечение нейтрофилов, разрушающих пересаженный орган с помощью ферментов;
- Компонент С6 запускает процесс свертывания крови;
- Фракция С3b способствует склеиванию тромбоцитов.

Активация гуморального иммунитета через образование комплексов антител и антигенов ведет к воспалению сосудов (васкулиту), образованию тромбов и омертвлению тканей вследствие недостатка кровоснабжения. Интерферон-гамма (γ -ИФН) привлекает макрофаги, выделяющие токсичные для клеток вещества.

Динамика отторжения кожного аллотрансплантата. Последовательность явлений при отторжении трансплантата изучена в основном на модели аллотрансплантации кожи.

Сначала пересаженный участок кожи срастается с кожей реципиента, и кровообращение восстанавливается. Однако через 5–6 дней начинается воспаление: отек, скопление лимфоцитов, тромбоз. Кожа синее, твердеет, и через 7–12 дней отмирает (первичное отторжение). Повторная пересадка кожи от того же донора отторгается гораздо быстрее (5 дней или меньше), развиваясь без заметного латентного периода (вторичное отторжение). В этом случае кожа остается бледной, а кровоснабжение слабое. После отторжения кожный лоскут уже не восстанавливается, даже если его пересадить обратно донору.

Аутоиммунные заболевания. Аутоиммунные болезни бывают двух типов:

- Системные болезни соединительной ткани (коллагенозы): кровь содержит аутоантитела, которые атакуют различные органы и ткани (например, кожу, почки, сердце и легкие). Примеры: системная красная волчанка и ревматоидный артрит.
- Органоспецифические болезни: кровь содержит антитела, атакующие определенные органы (например, щитовидную железу, желудок или кровяные клетки). Примеры: тиреоидит Хашимото, пернициозная анемия и аутоиммунная гемолитическая анемия.

В развитии аутоиммунных заболеваний выделяют несколько возможных механизмов:

1. Аутоиммунные поражения из-за аутоантител к защищенным тканям: в норме некоторые ткани отделены от иммунной системы. По мере старения или при повреждении эти барьеры могут разрушаться, позволяя аутоантителам атаковать защищенные антигены в нервной системе, хрусталике, щитовидной железе или половых органах.
2. Аутоиммунные поражения из-за аутоантител к измененным тканям: патогены, такие как вирусы или токсины, могут повредить ткани, приводя к образованию новых антигенов. Иммунная система может затем создавать аутоантитела, которые ошибочно атакуют эти измененные ткани.
3. Аутоиммунные поражения из-за перекрестных реакций: некоторые антигены на бактериях или вирусах похожи на антигены на тканях организма. Когда иммунная система вырабатывает антитела против этих патогенов, эти антитела могут также связываться и повреждать здоровые ткани.
4. Аутоиммунные поражения из-за нарушений иммунологической толерантности: иммунологическая толерантность — это способность организма распознавать и игнорировать свои собственные ткани. Мутации или другие нарушения могут нарушить эту толерантность, позволяя аутоантителам развиваться и атаковать нормальные ткани. Развитие аутоиммунных заболеваний обусловлено сложным взаимодействием аллергических реакций клеточного и гуморального типа с преобладанием той или иной реакции в зависимости от характера аутоиммунного заболевания.

Типы аллергических реакций не всегда четко разграничены, потому что многие аллергены активируют как В-клетки, так и Т-клетки одновременно. При некоторых заболеваниях преобладают реакции гуморального типа (задействующие антитела), а при других — клеточного типа (задействующие Т-клетки). В аутоиммунных заболеваниях и некоторых других ситуациях доминируют клеточные реакции, а гуморальные реакции играют вспомогательную роль.

Некоторые аллергические реакции, такие как феномен Артюса, могут начинаться как гуморальные, но затем переходить в клеточные реакции, которые ведут к более тяжелым последствиям.

Заключение

В аллергических реакциях, где задействованы антитела (гуморальный тип), важную роль играют клетки Th2 и противовоспалительные вещества (IL-4, -5, -7, -10, TGF β). А в аллергических реакциях, где задействованы клетки (клеточный тип), участвуют главным образом клетки Th1 и провоспалительные вещества (IL-1, -6, -8, TNF α , INF γ).

ЛИТЕРАТУРА

1. Аллергология и иммунология: национальное руководство (под ред. Р.М. Хаитова, Н.И. Ильиной). М.: ГЭОТАР-Медиа. 2009; 656 с.
2. Альбанова В.И., Пампура А.Н. Атопический дерматит. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2014; 128 с.
3. Гушин И.С., Курбачева О.М. Аллергия и аллергенспецифическая иммунотерапия. М: Фармарус Принт Медиа. 2010; 228 с.
4. Ершов Ф.И., Романцов М.Г., Мельникова И.Ю. Антивирусные препараты в практике педиатра: справ. практикующего врача. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013; 340 с.
5. Петров Р.В., Хаитов Р.М. Иммуногены и вакцины нового поколения. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010; 608 с.
6. Рёкен М., Гроверс Г., Бургдорф В. Наглядная аллергология. М., 2013; 238 с.
7. Типовые реакции иммунной системы на действие антигенов-аллергенов. Под ред. Н.П. Чесноковой. Изд-во Саратов. мед. ун-та, 2014; 155 с.
8. Чепель Э., Хейни М., Мисбах С., Сновден Н. Основы клинической иммунологии. Под ред. Хаитова Р.: ГЭОТАР-Медиа. 2008; 416 с.
9. Bettiol J., Bartsch P., Louis R., et al. Cytokine production from peripheral whole blood in atopic and nonatopic asthmatics: relationship with blood and sputum eosinophilia and serum IgE levels. Allergy. 2000; 55 (12): 1134–1141.
10. Boniface S., Koscher V., Mamessier E., et al. Assessment of T lymphocyte cytokine production in induced sputum from asthmatics: a flow cytometry study. Clin. Exp. Allergy, 2003; 33: 1238–1243
11. Borres M., Bjorksten B. Peripheral blood eosinophils and IL-4 in infancy in relation to the appearance of allergic disease during the first 6 years of life. Pediatr. Allergy Immunol. 2004; 15: 216–220.
12. Cho S., Stanciu L., Holgate S., et al. Increased interleukin-4, interleukin-5, and interferon-gamma in airway CD4+ and CD8+ T cells in atopic asthma. Am J Respir Crit Care Med. 2005; 171: 224–230.
13. Foley S., Hamid Q. Inflammatory patterns in allergic rhinitis. Clin Exp Allergy Rev. 2006; 11: 91–99.
14. Fujisawa T., Kato Y., Nagase H. et al. Chemokines induce eosinophil degranulation through CCR-3. J Allergy Clin Immunol, 2000; 106: 507–513.
15. Mattes J., Yang M., et al. IL-13 induces airways hyperreactivity independently of the IL-4R α chain in the allergic lung. J. Immunol. 2001; 167: 1683–1692.
16. Neaville W., Tisler C.J., et al. Developmental cytokine response profiles and the clinical and immunologic expression of atopy during the first year of life. J. Allergy Clin. Immunol. 2003; 112: 740–746.
17. Prescott S.L., King B., Strong T.L., Holt P.G. The value of perinatal immune responses in predicting allergic disease at 6 years of age. Allergy. 2003; 58 (11): 1187–1194.
18. Robinson D. Th2 cytokines in allergic disease. Brit Med Bull. 2000; 56: 956–968.

© Волков Кирилл Андреевич (KvoLee@yandex.ru); Афанасьева Галина Александровна; Полутова Наталия Васильевна;
Полиданов Максим Андреевич (maksim.polidanoff@yandex.ru); Полутов Вадим Эдуардович (polutov96@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ САРКОМ МЯГКИХ ТКАНЕЙ

MODERN METHODS OF DIAGNOSTICS OF SOFT TISSUE SARCOMAS

**A. Gerasimenko
O. Sovpel
I. Sovpel**

Summary. Soft tissue sarcomas are an extremely heterogeneous group of connective tissue tumors in terms of nosology, which currently includes more than 180 variants. Their differentiation is difficult due to morphological similarity and lack of highly specific and sensitive tests to verify the nosology of the neoplasm. Such method can be molecular-genetic and immunohistochemical studies, but their application is possible only at the last stage of diagnosis within the framework of confirmation of the presumed diagnosis (or comparison with differential diagnosis). Therefore, the analysis of anamnesis data, physical examination, and instrumental diagnostic methods (primarily MRI and ultrasound) is an important stage for making a preliminary diagnosis, without which histologic examination is impossible.

Keywords: soft tissue sarcomas, diagnosis, oncology, molecular genetic methods.

Герасименко Александр Юрьевич

заместитель главного врача по хирургической помощи,
Государственное бюджетное учреждение Донецкой
Народной Республики, «Республиканский онкологический
центр имени профессора Г.В. Бондаря
Aleksandr0054@yandex.ru

Совпель Олег Владимирович

доктор медицинских наук, доцент, заведующий
отделением онкохирургии №6, Государственное
бюджетное учреждение Донецкой Народной Республики
«Республиканский онкологический
центр имени профессора Г.В. Бондаря»
olegsovpel@yandex.ru

Совпель Игорь Владимирович

доктор медицинских наук, доцент, заведующий
операционным отделением, Государственное
бюджетное учреждение Донецкой Народной Республики
«Республиканский онкологический
центр имени профессора Г.В. Бондаря»
Sovpelman@gmail.ru

Аннотация. Саркомы мягких тканей — крайне гетерогенная по нозологиям группа опухолей соединительной ткани, которая включает на сегодняшний день более 180 вариантов. При этом дифференцировка их затруднена ввиду морфологической схожести и отсутствия высокоспецифичных и чувствительных тестов для верификации нозологии новообразования. Таким методом могут быть молекулярно-генетическое и иммуногистохимические исследования, однако их применение возможно только на последнем этапе диагностики в рамках подтверждения предполагаемого диагноза (или сравнения с дифференциальным). Поэтому анализ данных анамнеза, физического осмотра и инструментальных методов диагностики (в первую очередь, МРТ и УЗИ) является важным этапом для постановки предварительного диагноза, без которого невозможно проведение гистологического исследования.

Ключевые слова: саркомы мягких тканей, диагностика, онкология, молекулярно-генетические методы.

Саркомы — это опухоли соединительной ткани организма человека, локализующиеся в таких органах и тканях, как: жировая ткань, связки, мышцы, сухожилия, эндотелий сосудов [1].

Саркомы встречаются довольно редко среди новообразований — всего около 1 %, или 3 случая на 10 тыс. человек населения. В Российской Федерации за 2018 г. показатель заболеваемости саркомаами составил 1,75 на 100 тыс. населения, что соответствовало приросту за 10 лет на 2,35–6,45 %.

Данное исследование является актуальным в связи с достаточно высокой частотой расхождений диагнозов, поставленных в экспертных и не экспертных центрах (так в 2009 году частота значительных расхождений при диагностике сарком мягких тканей была на уровне 10,9 %, незначительные расхождения имели встречаемость на уровне 15,7 %). В 2014 году, с почти рутинным применением иммуногистохимических методов диагностики ситуация не улучшилась. Напротив, появилось статистически значимое увеличение количества расхождений диагнозов (число значительных расхождений было на уровне 16,5 %, а незначительных — на уровне 11,8 %).

К 2022 году ситуация в диагностике мягкотканых сарком еще ухудшилась, о чем доложили коллеги из Китая [2,3]. Между экспертными и не экспертными патоморфологическими центрами частота расхождений за последние 10 лет увеличилась в 1,5 раза. Это связано с различием в используемых методиках.

Дифференцировка их затруднена ввиду [4]:

1. Морфологической схожести
2. Отсутствия уникального молекулярного фенотипа для каждой нозологии
3. Низкая изученность молекулярных изменений в клетках

При этом, в зависимости от установленной нозологии новообразования значительно различаются прогноз пациента и схема его лечения. Таким образом, встает вопрос о необходимости четкой верификации сарком при низкой их морфологической разнице и молекулярной изученности.

В ходе работы был проведен анализ данных литературы за последние 5 лет. Для этого был проведен поиск в российских и зарубежных базах данных (PubMed, Google scholar, Microsoft Academic, elibrary, КиберЛенинка), по ключевым словам, «диагностика сарком мягких тканей», «молекулярно-генетические методы оценки сарком», «sarcoma of soft tissue», «soft tissue tumor», «soft tissue Ultrasound», «soft tissue MRI», «soft tissue CEUS» и ряд других.

Жалобы пациента с подозрением на саркому крайне неспецифичны и зависят от локализации новообразования. Эта группа новообразований довольно длительное время может протекать бессимптомно и может быть случайной находкой при обследовании.

Наиболее часто опухоли располагаются на конечностях (около 60 %), еще в 30 % случаев саркомы выявляются на теле и в забрюшинном пространстве, в 10 % — в области головы и шеи.

Саркомы могут вызывать такие симптомы как: увеличение ткани в месте образования опухоли, отек окружающих тканей вследствие сдавления, объемное новообразование различной консистенции (от мягкой, характерной для липосарком, мягко-эластичной — для миксом и до плотной более специфичной фибросарком). Однако все эти симптомы позволяют выявить опухоль уже на поздних стадиях и свидетельствуют о длительном течении процесса.

Важным в диагностическом плане являются анамнез пациента:

- 1) наличие и эффективность предшествующего лечения

- 2) семейный анамнез (выявление сарком у ближайших кровных родственников)
- 3) давность процесса и скорость его прогрессирования

Эти данные могут позволить предположить тип новообразования и его злокачественность.

В таблице 1 представлены данные по точности инструментальных диагностических методов в отношении выявления сарком мягких тканей [5–8].

Таблица 1.

Анализ диагностических методов

Метод	Чувствительность	Специфичность	Точность	Примечание
УЗИ	92,5 % (доброкачественная) 75–92,7 % (злокачественная)	93,8 % (доброкачественная) 87,1 % (злокачественная)	80–91,2 % (доброкачественная) 84,8 % (злокачественная)	При первом обращении в качестве экспресс-метода
МРТ	88 % (доброкачественная) 94 % (злокачественная)	90 % (доброкачественная) 90 % (злокачественная)	90 % (доброкачественная) 90% (злокачественная)	Метод выбора из-за высокой мягкотканой контрастности
КТ	69 % (средние значения для обоих вариантов злокачественности)	94 % (средние значения для обоих вариантов злокачественности)	66 % (средние значения для обоих вариантов злокачественности)	При глубоком расположении опухоли И/ИЛИ инвазии в кость
ПЭТ-КТ	96 % (злокачественная) 94 % (при локализации в кости)	77 % (злокачественная) 96 % (при локализации в кости)	88 % (злокачественная) NS	При выявлении костной саркомы

При дополнении ультразвукового исследования функциональным сосудистым тестом или режимом контрастного усиления чувствительность и специфичность возрастает до 92,7 %, 98,9 % и 88–94 %, 60,7–97 % соответственно [6,9]. Однако обоснованность данных вариантов проведения исследования вызывает сомнения, так как УЗИ-исследование нужно только в качестве первичной диагностики для оценки образования и обоснования направления на МРТ, которая обладает более высокими диагностическими показателями [10].

Оценку лимфоузлов следует проводить сочетанием методов: пальпации и УЗИ (для поверхностно-расположенных лимфоузлов), МРТ/КТ — для регионарных.

Гистологическое исследование

Всем пациентам при подозрении саркомы мягких тканей необходимо выполнить биопсию под контролем УЗИ.

Таблица 2.
Методы иммуногистохимической диагностики саркомы мягких тканей

Метод	Распространённость метода	Чувствительность и специфичность
Маркеры химерных белков (результат транслокации)	Низкая, только в специализированных центрах	Высокая специфичность, низкая чувствительность
Маркеры амплификации генов	Низкая, только в специализированных центрах	Высокая для определения нозологии
Антитела к мутантным белкам	Низкая, только в специализированных центрах	Высокая для определения нозологии
Маркеры, идентифицированные на основании профиля экспрессии генов	Средняя, в специализированных центрах и некоторых неспециализированных лабораториях	Выше среднего
Вирусные антигены (саркомы Капоши)	Выше среднего, в специализированных центрах и некоторых неспециализированных лабораториях	Средняя
Линейноспецифические транскрипционные факторы	Высокая	Низкая
«Линейноспецифические» функциональные белки	Высокая	Низкая

В соответствии с клиническими рекомендациями открытую инцизионную биопсию следует проводить при невозможности взятия тонкоигольной биопсии. Однако по данным проведённого исследования результаты чрескожной тонкоигольной биопсии при опухолях мягких тканей были немного хуже, чем при открытой биопсии (81,8 % против 100 %, $p = 0,5$), отрицательном прогностическом значении (50 % против 100 %, $p = 0,09$) и диагностической точности (84,6 % против 100 %, $p = 0,19$) без статистической значимости [11]. Общая точность диагностики составила 92,9 % для ЧЧКВ и 98,0 % для открытой биопсии. Вероятнее всего, выбор методики забора гистологического материала должен осуществляться хирургом с учетом риск-профиля пациента и глубины расположения опухоли.

Окраска биопсионного образца должна осуществляться для оценки: морфологической структуры ткани (гематоксилином-эозином, азу-эозином); иммуногистохимических особенностей (миогенин, MyoD1, десмин, виментин, миоглобин, актин, нейронспецифи-

ческая энлаза, S-100, MIC2) (табл. 2). Десмин — белок, содержащийся в миоцитах, поэтому повышение его экспрессия может указывать на наличие миосаркомы. Виментин содержится в мезенхимальных клетках и может свидетельствовать о фибросаркоме; молекулярно-генетических исследований в зависимости от подозреваемого типа опухоли

В зависимости от молекулярного варианта развития новообразования выделяют следующие типы сарком (Рис. 1):

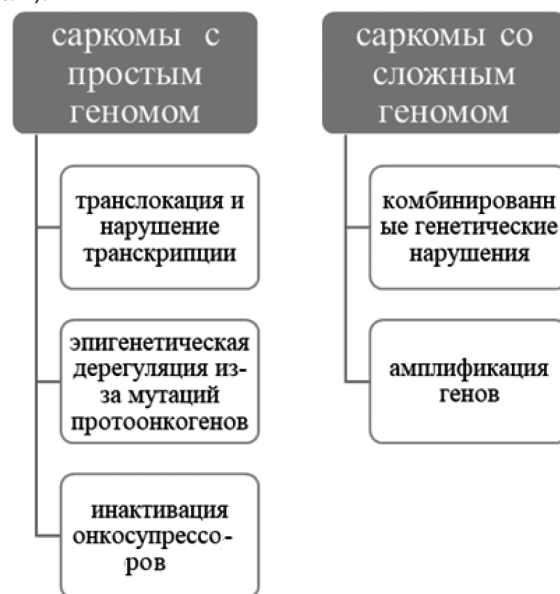


Рис. 1. Молекулярные типы сарком мягких тканей

В таблице 2 представлены основные иммуногистохимические методы, применяемые в России для верификации сарком с указанием их диагностической точности.

Каждый из методов подходит для подтверждения или опровержения предполагаемого диагноза, то есть на момент проведения иммунофенотипирования необходимо выставить предположительный (и дифференциальный диагноз) на основании предшествующих шагов (клиника, анамнез, инструментальные методы, микроскопия).

Например, при предположении альвеолярной саркомы мягких тканей возможно провести иммуногистохимическое исследование на химерный белок TFE3; для выявления солитарной фиброзной опухоли — STAT6 и т.д.

В настоящее время большинство молекулярно-биологических методов развилось на базе иммуногистохимических, что обуславливает их преимущество по уровню сложности диагностики опухоли [12,13].

Выбор метода зависит от предварительного диагноза патоморфолога (Рис. 2.) [14].



Рис. 2. Эпигенетические методы диагностики нарушений на различных уровнях. ПЦР — полимеразно-цепная реакция, FISH — флуоресцентная гибридизация in situ, CGH — сравнительная геномная гибридизация, ОТ-ПЦР — ПЦР с обратной транскрипцией, ИГХ — иммуногистохимия

Применение различных методов позволяет как улучшить диагностику нозологии новообразования и степень его доброкачественности, так и в некоторых случаях оценивать прогнозы пациенты.

Например, определение точечных мутаций *KIT/PDGFRA*, *SDHA/B* позволяет как подтвердить диагноз, так и оценить прогноз пациента с гастроинтестинальной стромальной опухолью (ГИСО); определение амплификации гена *MYC* диагностировать постлучевую саркому,

а делеция *CDKN2A* — определить прогрессирование ГИСО (с возможным развитием метастазов).

Применение генетического метода исследования позволяет при наличии спорных ситуаций обратиться к наиболее точному методу, в том числе по прогнозу злокачественности новообразования и риска летального исхода [15].

Таким образом, диагностика саркомы заключается в сопоставлении всех возможных данных, начиная с опроса (анамнеза) и физикального осмотра пациента и заканчивая гистологическим исследованием разного уровня сложности. Каждый из этапов позволяет получить информацию, важную для составления предварительного диагноза и дальнейшей подтверждения при помощи иммуногистохимических и молекулярно-генетических методов.

Использование этих методов имеет свои ограничения, такие как: высокая стоимость, ограниченная доступность и необходимость глубокого понимания особенностей клинического проявления и патогистологических особенностей мягкотканых опухолей для правильного выбора метода подтверждения диагноза. Кроме того, эти методы требуют специализированного оборудования и квалифицированных специалистов, поэтому их применение на сегодняшний день ограничено специализированными онкологическими центрами, занимающихся лечением сарком мягких тканей.

ЛИТЕРАТУРА

- Hui J.Y. Epidemiology and Etiology of Sarcomas. Surg Clin North Am. 2016;96(5):901–914. doi: 10.1016/j.suc.2016.05.005
- Onesti C.E., Vari S., Nardoza F., et al. The impact of the COVID-19 pandemic on diagnosis and treatment of patients with soft tissue and bone sarcomas or aggressive benign musculoskeletal diseases: A single-center retrospective study (SarCorD study). Front Oncol. 2022; 12:1000056. Published 2022 Sep 20. doi:10.3389/fonc.2022.1000056
- Oyama R., Endo M., Shimada E., et al. Impact of COVID-19 pandemic on bone and soft tissue sarcoma patients' consultation and diagnosis. Sci Rep. 2024;14(1):20627. Published 2024 Sep 4. doi:10.1038/s41598-024-71830-4
- Gronchi A., Miah A.B., Dei Tos A.P., et al. Soft tissue and visceral sarcomas: ESMO-EURACAN-GENTURIS Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up ☆. Ann Oncol. 2021;32(11):1348–1365. doi: 10.1016/j.annonc.2021.07.006
- Фролова И.Г., Котова О.В., Тюкалов Ю.И., Величко С.А., Боберъ Е.Е., Старцева Ж.А., Коновалов А.И., Богоутдинова А.В. «Возможности ультразвукового метода в диагностике сарком мягких тканей (обзор литературы)» Сибирский онкологический журнал, no. 3, 2015, pp. 82–89.
- Бусько Е.А., Любимская Э.С., Козубова К.В., Кадырлеев Р.А., Костромина Е.В., Трофимова Т.Н., Гришко П.Ю., Зиновьев Г.В., Байкалова О.И., Трофимов С.Л., Зорин Я.П., Рязанов В.В., Буровик И.А., Багненко С.С. Возможности методов медицинской визуализации в диагностике образований мягких тканей: обзор // Лучевая диагностика и терапия. 2024 Т. 15, № 4 С. 23–31, doi: http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2024-15-4-23-31.
- Ядгаров М.Я. и соавт. Вопросы гематологии/онкологии и иммунопатологии в педиатрии. 2023; 22 (4): 158–69. DOI: 10.24287/1726–1708-2023-22-4-158-169
- Королева Е.С., Пронин А.И., Михайлов А.И. и др. Роль позитронной эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией, с 18F-фтордезоксиглюкозой в диагностике сарком мягких тканей. Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи 2022;14(4):63–70. DOI: 10.17650/2782–3687–2022-14-4-63-70
- Зайцев А.Н., Семёнов И.И. Ультразвуковая диагностика сарком мягких тканей с использованием функционального сосудистого теста. Медицинская визуализация. 2019;(3):126–132. https://doi.org/10.24835/1607-0763-2019-3-126-132
- Arthur A., Johnston E.W., Winfield J.M., Blackledge M.D., Jones R.L., Huang P.H. and Messiou C (2022) Virtual Biopsy in Soft Tissue Sarcoma. How Close Are We? Front. Oncol. 12:892620. doi: 10.3389/fonc.2022.892620

11. Pohlig F., Kirchhoff C., Lenze U. et al. Percutaneous core needle biopsy versus open biopsy in diagnostics of bone and soft tissue sarcoma: a retrospective study. *Eur J Med Res* 17, 29 (2012). <https://doi.org/10.1186/2047-783X-17-29>
12. Lazar A., Abruzzo L.V., Pollock R.E., Lee S., Czerniak B. Molecular diagnosis of sarcomas: chromosomal translocations in sarcomas. *Arch Pathol Lab Med*. 2006;130(8):1199–1207. doi:10.5858/2006-130-1199-MDOS
13. Davidson B., Micci F. Molecular characteristics of uterine sarcomas. *Expert Rev Mol Diagn*. 2017;17(5):515–522. doi:10.1080/14737159.2017.1311790
14. Thway K., Noujaim J., Jones R.L., Fisher C. Advances in the Pathology and Molecular Biology of Sarcomas and the Impact on Treatment. *Clin Oncol (R Coll Radiol)*. 2017;29(8):471–480. doi: 10.1016/j.clon.2017.02.010
15. Gounder M.M., Agaram N.P., Trabucco S.E., et al. Clinical genomic profiling in the management of patients with soft tissue and bone sarcoma. *Nat Commun*. 2022;13(1):3406. Published 2022 Jun 15. doi:10.1038/s41467-022-30496-0.

© Герасименко Александр Юрьевич (Aleksandr0054@yandex.ru); Совпель Олег Владимирович (olegsovpel@yandex.ru);

Совпель Игорь Владимирович (Sovpelman@gmail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАСПРОСТРАНЕННЫЙ ПЕРИТОНИТ У ПАЦИЕНТОВ СО СПИДОМ, ТАКТИКА ХИРУРГИЧЕСКОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА И ВОЗНИКАЮЩИЕ ОСЛОЖНЕНИЯ

COMMON PERITONITIS IN AIDS PATIENTS, SURGICAL INTERVENTION TACTICS AND EMERGING COMPLICATIONS

**V. Darwin
V. Vasiliev
A. Ayupov**

Summary. The article discusses the tactics of surgical intervention and the complications that arise in the development of widespread peritonitis in patients with AIDS. This problem is currently one of the most urgent in modern abdominal surgery. This is due to the high level of deaths in the postoperative period. The study presents the theoretical and empirical part. A review of the literature data on the problem is carried out, the choice of surgical solutions is presented when examining those admitted to the hospital.

A retrospective analysis of the medical history of 212 patients with widespread peritonitis complicated by the main diagnosis of AIDS was identified as the empirical basis of the study. The main complications after surgical intervention were identified, the outcomes of the disease were determined.

As a result of the study, it was revealed that the severity of the postoperative condition with widespread peritonitis has a connection with the clinical, age and pathophysiological status. The factors of mortality of AIDS patients with the development of concomitant disease were identified, the most important among which were the condition at admission to the hospital, the nature of the spread of the septic process, concomitant organ dysfunction.

Keywords: AIDS, peritonitis, perforation, sepsis, tactics, death.

Дарвин Владимир Васильевич

доктор медицинских наук, профессор,
Сургутский государственный университет

Васильев Василий Васильевич

кандидат медицинских наук, доцент,
Сургутский государственный университет;
врач-хирург, хирургического отделения № 1,
Сургутская окружная клиническая больница

Аюпов Адильхан Темирханович

аспирант, Сургутский государственный университет;
врач-хирург, хирургического отделения № 1,
Сургутская окружная клиническая больница
adil-ayupov@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы тактики хирургического вмешательства и возникающие осложнения при развитии распространенного перитонита у пациентов со СПИДом. Данная проблема в настоящее время является одной из наиболее актуальных в современной абдоминальной хирургии. Это связано с высоким уровнем смертельных исходов в послеоперационном периоде. В исследовании представлена теоретическая и эмпирическая часть. Проведен обзор литературных данных по проблеме, представлен выбор хирургических решений при осмотре, поступивших в стационар.

В качестве эмпирической базы исследования выделен ретроспективный анализ медицинской истории болезни 212 пациентов с распространенным перитонитом, осложненным основным диагнозом — СПИД. Выявлены основные осложнения после проведения хирургического вмешательства, определены исходы болезни.

В результате исследования было выявлено, что тяжесть послеоперационного состояния с распространенным перитонитом имеет связь с клиническим, возрастным и патофизиологическим статусом. Были выявлены факторы летальности больных СПИДом при развитии сопутствующего заболевания, наиболее важными среди которых выделены состояние при поступлении в стационар, характер распространения септического процесса, сопутствующие дисфункции органов.

Ключевые слова: СПИД, перитонит, перфорация кишечника, сепсис, полиорганная недостаточность.

Введение

В 20 веке весь мир охватила эпидемия одного из самых опасных и загадочных вирусов — ВИЧ и СПИД инфекции. С этого момента более 80 млн человек подверглись заражению, а общее количество смертей составило более 40 млн человек. [UNAIDS. Global HIV statistics, 2017].

Российская Федерация (РФ) имеет высокий уровень распространения данного вируса. По данным статистики, в последние годы отмечается тенденция увеличения числа пациентов со СПИДом, которые обращаются за медицинской и хирургической помощью. При этом абдоминальные хирурги все более часто стали сталкиваться с развитием осложнений после проведения операций данным больным. Среди них часто встречаемыми являются: сепсис, септический шок, наличие гнояного

или калового экссудата, туберкулез кишечника, вторичное присоединение вирусной инфекции, кровотечения, полиорганная недостаточность и кишечная непроходимость [Малашенко, Краснов, 2019].

Актуальность

Распространенный перитонит (РП) считается одной из серьезных хирургических патологий, которая сопряжена с высоким уровнем смертности и ухудшений в послеоперационном периоде. Особую актуальность данная проблема имеет у больных с иммунодефицитом. Так как ввиду тяжести основного заболевания хирургу требуется подобрать специализированную тактику хирургического вмешательства (ХВ) и дальнейшего подхода к лечению и наблюдению за поступившими в отделение.

Цель исследования: выявление случаев осложнений у пациентов со СПИДом после перенесенного ХВ при РП.

Несмотря на постоянную модернизацию ХВ при лечении острых заболеваний органов брюшной полости (БП), частота встречаемости РП очень высока. Показатели смертности в данном случае колеблются от 20 до 39 %. Сегодня исследовательские подходы, практические решения и хирургический план постоянно видоизменяются, что ведет к выбору эффективного комплекса мер терапевтического воздействия. Клинические эксперты выделяют среди основополагающих синдромов РП, следующие: воспаление, повышение внутрибрюшного давления, дисфункцию эндотелиальной системы, окислительный стресс. Основными патогенетическими особенностями течения заболевания, которые определяют дальнейший исход, являются: поражение эндотелиального сосудистого тока, выброс цитокинов в системный кровоток, абдоминальный сепсис и септический шок, эндогенная интоксикация. Поликомпонентность развития ситуаций исхода и различные изменения работы отдельных органов и систем, тем более при иммунодефиците, объясняют сложности в выборе алгоритма лечения [Сараев, Назаров, 2019].

При ВИЧ-инфекции и СПИДе РП имеет особую тяжесть течения, что связано с присоединением туберкулезного поражения БП, а также распространением микст-патологий (злокачественная лимфома и туберкулез).

Течение РП при СПИД имеет различные варианты:

1. У пострадавших отмечают выраженный экссудативно-воспалительный процесс, миллиарную диссеминацию брюшины, что обуславливает рецидивы и затяжное течение болезни. Компьютерная томография (КТ) показывает наличие свободной жидкости в грудной полости и БП, брыжейка утолщена, бугристая, воспаленная. Кишечник набух-

ший, содержит примеси жидкости и газов, между тонким и толстым отделом кишечника отмечается скопление экссудата, стенки утолщены. Спаек не отмечено. При сборе патологического материала отмечают наличие микобактерий [Власов, Салахов и др., 2020].

2. РП связан с рецидивом перфораций кишечника, вследствие чего возникает гнойное воспаление БП, с наличием свищевого процесса и свободной жидкости. Содержимое экссудата при лабораторном анализе показывает присутствие микстинфекции (микобактерии, цитомегаловирусы, грибки). Тяжелое течение обусловлено постоянными рецидивами воспаления и деструкции брюшной слизистой оболочки, перфораций кишечника, свищевым процессом. Симптомы РП слабо выражены и подтверждаются только КТ, при котором можно оценить динамику процесса и перфорацию кишечной системы [Даминова, 2016].
3. РП имеет ограниченный характер, что связано с наличием увеличенных участков мезентеральных лимфоузлов. КТ показывает наличие выпота в брюшном пространстве, мезентеральные лимфоузлы видны в качестве массивного внеorganного образования, которое не отделяется от кишечных стенок. При проведении ХВ отмечают массивное скопление фибриновых нитей и лимфому брюшины с вовлечением кишечных петель в патологический процесс [Данцинг и др., 2013].

У больных на последней стадии ВИЧ и СПИД этиологию развития (60–70 %) РП, панкреонекроза составляет ухудшение клинического течения туберкулезом. Тяжелое состояние обусловлено развитием некротического процесса и скоплением жидкости в БП и забрюшинном пространстве. При обследовании выявлены очаги милиарно паренхиматозных и мезентеральных туберкулезных поражений. Это требует срочного проведения ХВ в виде лапаротомии, дренирования и санации БП [Каринов, Киселева и др., 2012].

РП очень тяжело протекает у людей со СПИДом, во всех случаях диагностики отмечают сопутствующую туберкулезную патологию. При дополнении асцитом тяжесть протекания РП обусловлена полиорганной недостаточностью, полисерозитом, септическим шоком, экссудатом в грудной полости и БП. Летальный исход после ХВ составляет более 38 %. Если отмечается казеозное воспалительное поражение БП у больных со СПИДом, то необходимо детальное лабораторное исследование жидкости, биоптата, полученного с кишечных стенок и лимфатических узлов [Белов, Шаповалов, 2019].

Данный способ диагностики помогает получить детальную картину скопления соединительнотканного экссудата между петлями и обозначить формирование

внутренних кишечных свищей. При обнаружении данных обстоятельств необходимо предотвращать рецидив перфорации кишечных стенок и производить повторное ушивание свищей, а также постановку дренажа и санацию БП. Степень смертности в данном случае составляет более 20 % [Lebedev, Popov et. al., 2021].

При сочетании РП и злокачественной лимфомы, симптомы первого заболевания являются слабовыраженными и точно ясны лишь после начала ХВ. Оно начинается в экстренном порядке в связи с быстрым ростом новообразования и развития кишечной непроходимости. Поэтому различные нарушения и сопутствующие патологии при СПИДе являются нередким явлением, которые требуют дополнительной диагностики. Сложность в лечении представляет присоединение оппортунистических инфекций, что ведет за собой высокую травматичность, летальность и большой процент развития сепсиса [Тиммербулатов et.al., 2017; Сафаров, 2017].

По данным литературных источников, большинство отмечают неутешительные прогнозы после ХВ у СПИД-инфицированных. Это связано с подавлением иммунного фона, вследствие чего послеоперационный период имеет атипичный характер (слабость регенеративных свойств тканей и клеток, тахикардия, отсутствие лейкоцитоза). Также отмечены случаи диагностических ошибок и неправильный выбор хирургической тактики у СПИД-инфицированных по сравнению с однотипной патологией. Это связано с отсутствием единого направления терапии и осложнениями в виде сопутствующих патологий. Большинство авторов отмечено сохранение высокого уровня летальности при РП, что составляет от 1 до 38 %. Поэтому это оказывает высокое влияние на сопротивляемость организма и ведет к присоединению дополнительных рисков [Малашенко, Краснов и др., 2019].

Ряд данных отмечает высокий уровень появления осложнений после ХВ у ВИЧ-инфицированных в виде появления ран и их инфицирования. При гнойных заболеваниях отмечается до 50% вариантов развития сепсиса и септического шока, что требует своевременного начала антибактериальной терапии [Mishra, Tiwary et.al., 2014].

Также отметим ряд исследований, которые опытным путем доказывают отсутствие прямой связи между зараженностью СПИДом и процентом развития ухудшений после ХВ [Малашенко, Краснов и др., 2019].

Смертельные исходы при тяжелых формах РП составляют 30–40 %, развитие полиорганной недостаточности в 90 % случаев приводит к летальности. Многие исследования нацелены на снижение числа смертей до 20 %, что можно считать прогрессом в данной ситуации [Enchev et. al., 2020].

Патогенез заболевания у СПИД-инфицированных касается развития мульти системной дисфункции, при которой устранение основной патологии в виде РП не становится путем к выздоровлению. Тяжесть клинического течения связана со стремительностью воспалительной реакции, многоэтажным накладыванием одной патологии на другую и формированием полиорганной недостаточности, что становится главной этиологией смерти. Нарушение реактивности клеток ведет к иммунным дефектам, неспособности справиться с ростом эндотоксикоза, сепсисом и полиорганной недостаточностью [Рябков, 2014].

Современная методика хирургического обследования при РП включает следующие виды манипуляций:

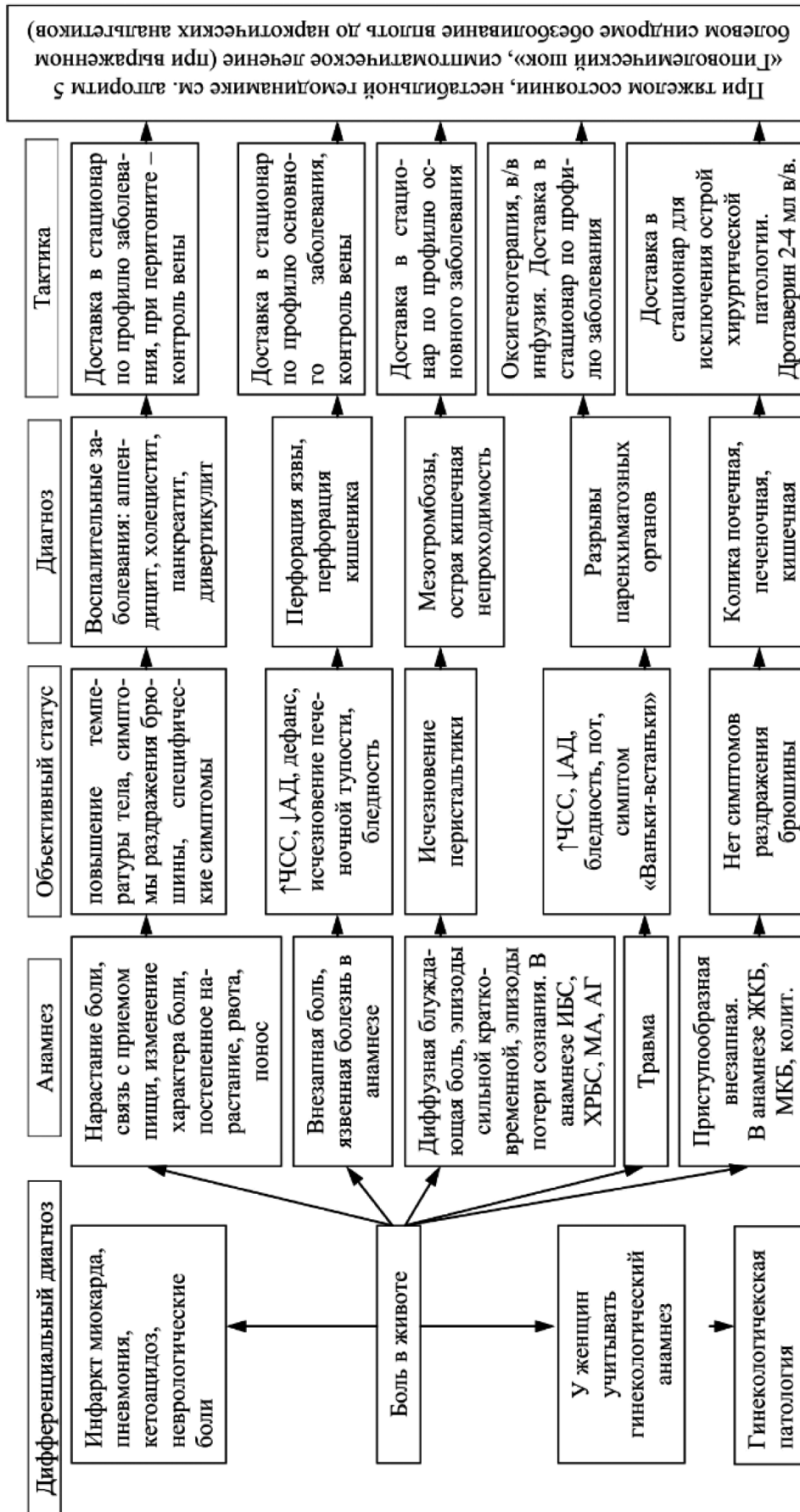
1. Устранение источника распространения.
2. Внутривентрикулярная санация и постановка дренажа.
3. Декомпрессия кишечного пареза.
4. Создание условий для выведения токсинов и путей их проникновения.

При распространенном перитоните выделяют следующие способы (методы) ведения брюшной полости: закрытый, лапароскопический, полузакрытый, полуоткрытый и открытый [Gürlich et al., 2014].

Выбор плана с полузакрытым способом включает в себя проведение лапаротомии, устранения причины развития РП, санирования, постановки дренажа, наложение швов на рану. Это является наиболее распространенным выбором у врачей-хирургов, но иногда особенности реализации отдельных этапов в конкретном клиническом случае могут вызывать разногласия. Главным плюсом является низкий уровень риска присоединения внутрибольничной инфекции, что очень важно при лечении людей с диагнозом СПИД [Gaus et. al, 2016].

Выделенным недостатком является снижение возможности мониторинга распространения воспалительно-инфекционного процесса в БП, трудности в воздействии на него, что ведет к повышенной вероятности внутрибрюшных осложнений, а также усиления негативного воздействия сопутствующих заболеваний [Рябков, 2014].

Также существует комбинированная тактика действий, которая основана на базовой технике ХВ и видео эндоскопических санациях БП. Преимуществами являются: малый процент травматизации, возможность контроля за будущим восстановлением в послеоперационный период. Это является альтернативой программным ревизиям БП. Негативным моментом является невозможность проведения полного санирования БП для удаления контаминации, тяжесть избавления от фибриновых нитей на брюшине, в особенности если сопутствует парез кишечника [Суковатых, 2014].



Примечание.

ЭКГ-диагностика обязательна.

Рис. 1. Тактика обследования и дальнейшие действия при РП [Survey tactics and further actions in CP] [Неотложка, 2023]

При сравнении опасности релапаротомии и инструментальных способов, необходимо упомянуть о том, что своевременное проведение первого способа является единственным средством быстрого вмешательства. Это связано с тем, что присутствует несостоятельность кишечного шва. Но также данный выбор можно считать радикальным, ввиду целого ряда ухудшений и длительности реабилитации, в особенности при присутствии иммунодефицита [Суковатых, 2014].

Широкое применение получила полуоткрытая методика, которая связана с проведением ХВ по удалению источника РП, временном закрытии открытой раны и проведении повторного санирования БП, что позволяет полностью ликвидировать симптомы инфицирования внутри БП. Именно данный способ применяют при тяжелом состоянии пациентов, что может быть препятствием к проведению одноэтапного ХВ. Преимуществами является качественное проведение санации, контроль за текущим и последующим состоянием, недостатками являются: возможность внутреннего травмирования, длительная интубация полых органов, катетеризация магистральных сосудов, что может привести к присоединению сопутствующего инфицирования и высокому риску кровотечения и травмирования, а также формирования свищевых процессов [Hernández-Palazón et al., 2013].

На рисунке 1 представлена тактика обследования и дальнейшие действия при РП (рис. 1).

Материалы и методы исследования

Анализ теоретической и научно-практической литературы, синтез мнений. В качестве эмпирической базы исследования выделен ретроспективный анализ медицинской истории болезни 212 пациентов с РП, осложненным основным диагнозом — СПИД. Выявлены основные осложнения после проведения хирургического вмешательства, определены исходы болезни. Средний возраст пациентов 46 лет (16–80 лет). Среди них 114 (53,7 %) мужчин, 98 (46,3 %) женщин. Все поступившие в стационар находились в хирургическом отделении Сургутской окружной клинической больницы с 2015 по 2023 год, с диагнозом СПИД-инфекция в стадии 4В осложненной РП. Каждый пациент имел состояние высокой тяжести клинического течения и был прооперирован в экстренном порядке. В зависимости от порядка лечения они были разделены на 3 группы: 1 (81 человек) — резекция кишечника и наложение анастомоза, 2 (37 человек) — резекция кишечника и наложение энтеростомы, 3 (94 человека) — ушивание свищей и перфораций кишечника. Этиология развития представлена на рисунке 2 (рис. 2).

Таким образом, на рисунке мы видим, что основными причинами развития РП у пациентов со СПИД являлись: несостоятельность анастомоза (20,7 %), тромбоз мезентеральных сосудов (16,9 %), гинекологические заболевания (1,8 %), абсцесс брюшной полости (5,1 %), острый аппендицит (8,9 %), непроходимость кишечника (8,9 %), травма брюшной полости (14,6 %), острый холецистит (4,7 %), прободение опухоли толстой кишки (7,07 %).



Рис. 2. Этиология развития РП у больных со СПИДом [Etiology of CP development in AIDS patients]

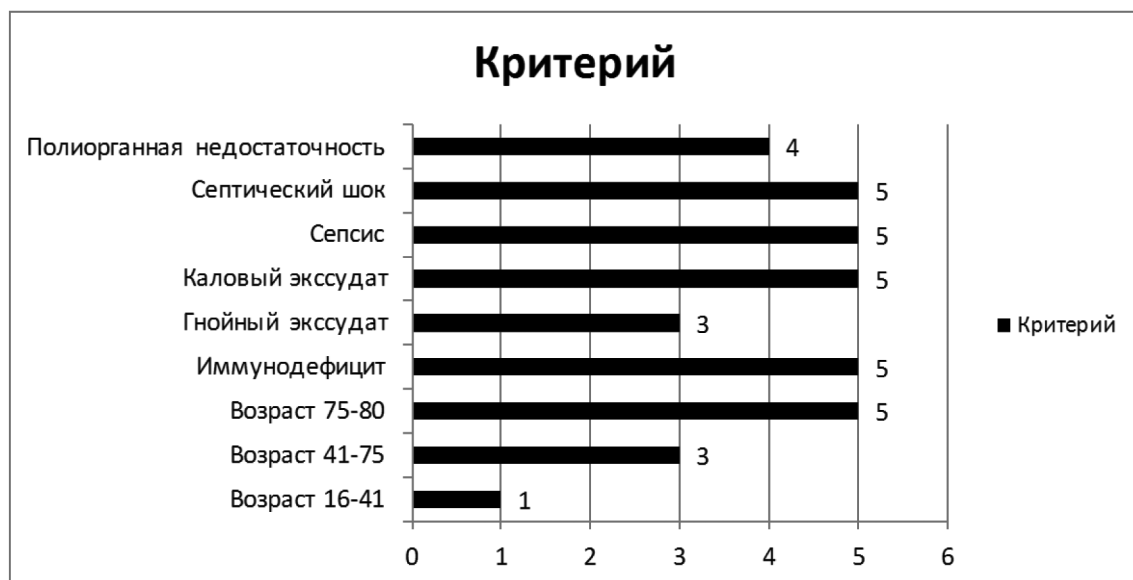


Рис. 3. Система прогноза исхода РП [CP Outcome Prediction system]

Таблица 1.

Обследование пациентов после проведенного вмешательства

День осмотра после вмешательства	Количество людей с РП						Всего
	Жалобы		Осмотр хирурга				
	Болевая реакция	Гипертермия	Несостоятельность швов	Сепсис	Полиорганная недостаточность	Гнойный или каловый экссудат	
Третий день	28	29	15	51	28	7	158 (74,5%)
Седьмой день	28	34	11	49	18	7	29 (69,3%)
Десятый день	16	2	—	16	11	1	46 (21,6%)

В рамках исследования была составлена система прогноза исхода РП в баллах от 1 до 5 (рис. 3).

На рисунке видно, что развитие РП у больных со СПИД сопровождается рядом рисков, которые развиваются после проведения ХВ или до операции.

После проведения вмешательства было проведено обследование пациентов и оценка развития осложнений (табл. 1).

Вероятность исхода РП в зависимости от течения осложнений по баллам (1–11) представлена в таблице 2 (табл. 2).

Таблица 2.

Вероятность исхода РП в зависимости от течения осложнений

Всего пациентов	Умерло	Летальность, %	Балл осложнений
24	1	4,1 %	0–3
61	14	22,9 %	4–6
76	37	48,6 %	6–9
51	49	96,07	10–11

исходу. На наш взгляд, при выборе способов необходимо распределять их по группам, для определения рисков ХВ и дальнейшей терапии.

Анализ историй болезни показал, что основными критериями развития рисков до и послеоперационный период у пациентов со СПИДом, являются возраст, иммунодефицит, развитие септических поражений, скопление калового экссудата вследствие перфорации кишечника и полиорганная недостаточность.

Обсуждение и выводы

Таким образом, исход развития РП при СПИД имеет зависимость от состояния тяжести, возраста и резервных возможностей пациентов. Несмотря на выбор тактики ХВ, велик риск развития ухудшения состояния в послеоперационном периоде, что ведет к летальному

Основными причинами развития РП у пациентов со СПИД являлись: несостоятельность анастомоза (20,7 %), тромбоз мезентериальных сосудов (16,9 %), гинекологические заболевания (1,8 %), абсцесс брюшной полости (5,1 %), острый аппендицит (8,9 %), непроходимость кишечника (8,9 %), травма брюшной полости (14,6 %), острый холецистит (4,7 %), прободение опухоли толстой кишки (7,07 %).

После проведения экстренного ХВ у 158 (74,5 %) пациентов со СПИД были обнаружены осложнения, которые сказались на дальнейшем исходе. Также была выявлена закономерность летального исхода от баллов течения осложнений, всего из 212 исследуемых больных погиб 101 человек, что составляет 47,6 % и показывает негативную тенденцию выживаемости людей со СПИД при развитии РП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белов С.А. 2019. Перфоративный перитонит у больных с ВИЧ-инфекцией / С.А. Белов, А.С. Шаповалов, Н.А. Пименов [и др.] // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2(78):52–53. — DOI 10.5281/zenodo.824241.
2. Власов А.П., Салахов Е.К., Шейранов Н.С., Маркин О.В., Щапов В.В. 2020. Оценка эффективности мини-инвазивных вмешательств при остром перитоните на основании изучения функционального состояния печени и кишечника. Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 7:12–17. <https://doi.org/10.17116/hirurgia202007112>
3. Даминова Н.М. 2016. Этиопатогенез, классификация, диагностика и лечение послеоперационного перитонита / Н.М. Даминова, З.Х. Газиев, М.Б. Назаров // Здравоохранение Таджикистана. 4(331):65–74.
4. Данцинг И.И. 2013. Тяжелое поражение кишечника при генерализованном туберкулезе у больных в стадии СПИДа. 2013. / И.И. Данцинг [и др.] // ВИЧ инфекция и иммуносупрессии. 5(3):59–62.
5. Каримов И.Р. 2012. Гнойно-воспалительные и септические поражения у ВИЧ-инфицированных наркозависимых лиц как факторы и показатели прогрессии ВИЧ-инфекции [Электронный ресурс] / И.Р. Каримов, Л.М. Киселева, Ю.И. Буланьков // Современные проблемы науки и образования. 6: URL: <http://www.science-education.ru/106-7678> (дата обращения: 04.11.2023).
6. Малашенко А.А. 2019. Современное состояние проблемы хирургического лечения ВИЧ-инфицированных больных в условиях пенитенциарной системы / А.А. Малашенко, О.А. Краснов, А.С. Криковцов, С.И. Минин // Медицина в Кузбассе. 18 (1):72–79.
7. Рябков М.Г. 2014. Структура периоперационных осложнений распространенного перитонита / [и др.] // Медицина и образование в Сибири. 4:38–42.
8. Сараев А.Р., Назаров Ш.К. 2019. Патогенез и классификация распространенного перитонита. Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 12:106–110. <https://doi.org/10.17116/hirurgia2019121106>
9. Сафаров С. 2014. Особенности течения острых хирургических патологий у вич инфицированных / спид больных. Журнал проблемы биологии и медицины, 2017. 2 (94), 92–93. извлечено от https://inlibrary.uz/index.php/problems_biology/article/view/3049
10. Суковатых Б.С. 2014. Новые способы лечения распространенного перитонита / Б.С. Суковатых // Вестник экспериментальной и клинической хирургии. 2:165–176.
11. Тимербулатов В.М. 2017. Вопросы диагностики и лечебной тактики при гнойно-септических осложнениях ВИЧ-инфекции. / В.М. Тимербулатов, Ш.В. Тимербулатов, В.М. Сибаяев, М.В. Тимербулатов // Медицинский вестник Башкортостана. 12, № 5(71):131–138.
12. Неотложка. 9 Неотложные состояния при острых хирургических заболеваниях. Неотложные состояния при острых хирургических заболеваниях // URL: <https://topuch.com/neotlojnie-sostoyaniya-pri-ostrih-hirurgicheskikh-zabolevaniyah/index.html> (дата обращения: 05.11.2023).
13. Analysis of organ failure and mortality in sepsis due to secondary peritonitis. 2013. / J. Hernández-Palazón [et al.] // Med Intensive. 37 (7):461–67.
14. Basic principles of diagnosis and treatment of secondary peritonitis — recommendations of experts with the support of SIS. 2014. / R. Gürlich [et al.] // Rozhl Chir. 93 (6):334–352.
15. Carroll P.J., Gibson D, El-Faedy O, Dunne C, Coffey C, Hannigan A, et al. 2013. Surgeon-performed ultrasound at the bedside for the detection of appendicitis and gallstones: systematic review and meta-analysis. Am J Surg. 205:102–8. doi: 10.1016/j.amjsurg.2012.02.017.
16. Gaus A.A., Klimova N.V., Darvin V.V., Zinchenko O.A. 2016. Multislice computed tomography capabilities for identifying the surgical approach of choice to treat peritonitis in patients with end-stage hiv infection. Vestnik SurGU. Meditsina. 4 (30):17–22.
17. Enchev Emil Muman, A. Minkov, Georgi Dimitrov, Evgeni Petrov, Alen Nikolov, Stoyan Yovtchev, Yovcho. 2020. Current approaches in diagnosis and treatment of patients with peritonitis. Trakia Journal of Sciences. 18:110–113. 10.15547/tjs.2020. s.01.019.
18. Lebedev N.V., Popov V.S., Klimov A.E., Svanadze G.T. 2021. Comparative assessment of prognostic systems for secondary peritonitis outcome. Pirogov Russian Journal of Surgery. Khirurgiya. Zurnal im. N.I. Pirogova. 2:27–31. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/hirurgia202102127>
19. Mishra S.P, Tiwary S.K, Mishra M, Gupta S.K. 2014. An introduction of tertiary peritonitis. J. Emerg Trauma Shock. 7:121–3. doi: 10.4103/0974-2700.136872.
20. UNAIDS. Global HIV statistics. Newsletter. World AIDS day 2017 [Electronic resource]. — Available at: <http://www.infospid.ru/upload/iblock/493/493fb93524a68583958c32f8587111de.pdf> (accessed 04.11.2023).

© Дарвин Владимир Васильевич; Васильев Василий Васильевич; Аюпов Адильхан Темирханович (adil-ayupov@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ПАЦИЕНТАМИ С ОСТЕОНЕКРОЗОМ ВЕРХНЕЙ ЧЕЛЮСТИ, РАЗВИВШИМСЯ КАК ОСЛОЖНЕНИЕ COVID19

CLINICAL OBSERVATIONS OF PATIENTS WITH OSTEONECROSIS OF THE MAXILLA DEVELOPED AS A COMPLICATION OF COVID19

**N. Erokina
T. Rohatina
A. Lepilin
G. Bakhteeva
S. Savelyeva
D. Makarova
D. Kolokoltseva
A. Krivchikova**

Summary. Osteonecrosis of the maxilla, as a complication of COVID19, was noted in middle-aged and elderly men and women against the background of concomitant diseases. They had endogenous intoxication, increased ESR, LII and ILESR. Complex treatment of these patients, preceding the necrotomy operation, contributed to a favorable outcome of the disease.

Keywords: osteonecrosis of the upper jaw, COVID-19.

Ерокина Надежда Леонидовна

доктор медицинских наук, профессор,
ФГБОУ ВО Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского
nadleo@mail.ru

Рогатина Татьяна Владимировна

кандидат медицинских наук, доцент,
ФГБОУ ВО Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского

Лепилин Александр Викторович

доктор медицинских наук, заведующий кафедрой,
ФГБОУ ВО Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского

Бахтеева Галия Рифатовна

кандидат медицинских наук, доцент,
ФГБОУ ВО Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского

Савельева Светлана Станиславовна

кандидат медицинских наук, доцент,
ФГБОУ ВО Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского

Макарова Дарья Константиновна

ФГБОУ ВО Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского

Колокольцева Дарья Александровна

ФГБОУ ВО Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского

Кривчикова Анастасия Сергеевна

ФГБОУ ВО Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского

Аннотация. Остеонекроз верхней челюсти, как осложнение COVID19, отмечен у мужчин и женщин среднего и пожилого возраста на фоне сопутствующих заболеваний. У них отмечалась эндогенная интоксикация, повышение СОЭ, ЛИИ и ИЛСОЭ. Комплексное лечение этих пациентов, предшествующее операции некротомии, способствовало благоприятному исходу заболевания.

Ключевые слова: остеонекроз верхней челюсти, COVID-19.

Пандемия COVID, начавшаяся в 2019 году, привела к смерти большого числа людей. До конца последствий ее влияния на организм не изучены, поэтому представляют большой интерес [1]. У перенесших это заболевание часто развивались серьезные осложнения, в том числе в челюстно-лицевой области. Одним из таких осложнений был некроз костей челюстно-лицевой области [2].

Цель исследования

Выявить особенности пациентов с остеонекрозом верхней челюсти, возникшим вследствие COVID 19 и эффективные методы их лечения.

Материал и методы исследования

В отделении челюстно-лицевой хирургии ГКБ № 9 г. Саратова в 2020–2023 годах проводилось наблюдение и лечение 12 пациентов с остеонекрозом верхней челюсти, возникшим как осложнение COVID 19. Среди них 10 пациентов находились на стационарном лечении, 2 наблюдались амбулаторно. Среди них было 7 женщин и 5 мужчин. Возраст больных от 46 до 70 лет, средний возраст 63[55;67] года.

Всем пациентам проводилось общеклиническое обследование, конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) челюстей в динамике. Они были осмотрены терапевтами, эндокринологами, неврологами и офтальмологами, получали консервативное и хирургическое лечение. С целью диагностики синдрома эндогенной интоксикации сравнивали показатели общеклинического анализа крови — количество лейкоцитов, скорость оседания эритроцитов (СОЭ), лейкоцитарный индекс интоксикации (ЛИИ), который рассчитывали по формуле Я.Я. Кальф-Калифа и индекс соотношения лейкоцитов и СОЭ (ИЛСОЭ). Статистическая обработка данных проведена общепринятыми для медико-биологических исследований методами.

Результаты

Среди больных, вошедших в исследование, наблюдавшихся и лечившихся в СГКБ № 9, были мужчины и женщины с сопутствующими заболеваниями. Сердечно-сосудистые заболевания диагностировались у 9 из 12 пациентов в виде ИБС, атеросклеротической и гипертонической болезни, перенесенного инфаркта миокарда. Эндокринная патология: из 12 пациентов у 8 был сахарный диабет 2 типа, у 6 — избыточная масса тела или экзогенно-конституциональное ожирение 1–2 степени. У пациенток женского пола была постменопауза, одна перенесла ампутацию матки. Из прочих заболеваний — у одного пациента был гепатит D.

По данным анамнеза, все пациенты перенесли COVID-19 в среднетяжелой и тяжелой форме, получая лечение в стационарах в соответствии с временными методическими рекомендациями «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19)». Осложнения в челюстно-лицевой области у них возникли вовремя или сразу после COVID-19. Обращает на себя внимание тот факт, что 3 пациента находились на лечении в 2023 году, при этом COVID-19 они перенесли в 2020–2021 годах. У всех больных диагностирован некроз верхней челюсти. Пациенты предъявляли жалобы на боль в области верхней челюсти и лица, неприятный запах изо рта. У трех из обследованных пациентов на фоне некроза верхней челюсти на стороне поражения отмечалась невропатия лицевого нерва, что проявлялось в нарушении функции мимических мышц. В полости рта в области верхней челюсти определялся участок некроза. Наличие некроза верхнечелюстных костей подтверждали данные компьютерной томографии. Остео деструктивные изменения альвеолярных отростков и стенок пазух верхней челюсти выявлены у всех 12 пациентов. При этом у 10-и из 12-и пациентов первично поражалась правая верхняя челюсть, и только у двух — левая верхняя челюсть. В дальнейшем, при прогрессировании заболевания, у 2-х из 10-и больных, с первичным поражением правой верхней челюсти, отмечалось распространение некротического процесса на левую верхнюю челюсть, но объем поражения на левой стороне был меньше.

Двум больным (которые наблюдались амбулаторно) в ранние сроки после начала заболевания (3–4 недели) в клинике г. Москвы проведено хирургическое лечение в объеме частичной резекции верхней челюсти. После операции у них отмечалось прогрессирование некротического процесса; у одного пациента некротический процесс распространился на вторую верхнюю челюсть, а у второго — на кости свода черепа (на этом этапе наблюдение за больным прервалось).

По данным лабораторного исследования у пациентов выявлена эндогенная интоксикация. Наиболее значимые изменения отмечены в уровне СОЭ, ЛИИ определяемом по методу Я.Я. Кальф-Калифа и ИЛСОЭ. У большинства пациентов, при первичном обращении в период острой фазы заболевания, уровень лейкоцитов был повышен незначительно. В то же время наблюдалось увеличение СОЭ: у женщин, в среднем, оно было в 2 раза выше возрастной нормы, у мужчин оставалось в пределах референсных значений. ЛИИ Кальф-Калифа повышался до 3,75 [2,91;4,34] (в норме 0,3–1,5), что соответствовало средней степени интоксикации, у двух больных его значения свидетельствовали о высокой степени интоксикации. ИЛСОЭ повышался до 4,66 [3,85;5,21] (в норме 1,87±0,76), указывая на связь интоксикации с аутоиммунными процессами. При проведении лечения

эти показатели снижались, но у большинства пациентов достигали нормальных значений только после удаления некротизированных тканей.

Десяти пациентам в условиях стационара проведен курс антибактериальной, десенсибилизирующей терапии, физиолечение (светотерапия, магнитотерапия), лечение сопутствующих заболеваний. Затем пациенты были выписаны на амбулаторное лечение и им назначалась терапия, направленная на улучшение микроциркуляции и оксигенации тканей. В комплексном лечении были использованы препараты пентоксифилин, полиоксидоний, применялись гомеопатические препараты траумель С, остеохель С, лимфомиозот. Так же использовались биокомплексы: полицетразин, ивлаксин, ункарин, ангиофорт, комплекс ферментов биокасад, эпигенетикс-стем.

После отграничения некротизированных тканей пациенты были госпитализированы для хирургического лечения — удаления участков некроза. Оперативное лечение им проводилось через 7–28 месяцев от начала заболевания. Только у одной пациентки некротизированные ткани отошли самопроизвольно, ей операция не проводилась. Через 1,5–2 месяца после операции, у всех больных отмечалась полная эпителизация послеоперационных ран, и пациенты были направлены на ортопедическую реабилитацию частичным съемным протезом верхней челюсти.

Обсуждение

Наиболее подвержены риску тяжелого течения COVID 19 лица старших возрастных групп, что подтверждается нашими данными. У всех наблюдаемых пациентов с остеонекрозом верхней челюсти, возникшем вследствие COVID 19, были длительно текущие сопутствующие хронические заболевания, что подтверждает данные литературы [1]. У всех пациентов была отмечена эндогенная интоксикация — полиэтиологичный и полипатогенетичный синдром, характеризующийся накоплением в тканях и биологических жидкостях эндогенных токсических субстанций — избытка продуктов нормального или извращенного обмена веществ или клеточного реагирования [3, 4]. Об эндогенной интоксикации свидетельствовали повышенные значения ЛИИ Кальф-Калифа и ИЛСОЭ. Вероятно, она была обусловлена массивным выходом в кровоток токсинов и продуктов распада поврежденных тканей. Наши данные подтверждают факт, что тяжесть эндогенной интоксикации является косвенным критерием тяжести общего состояния больных и указывает на наличие аутоиммунных процессов [3, 4].

Снижение ЛИИ и ИЛСОЭ перед хирургическим лечением отражало нормализацию общего состояния у большинства пациентов, что способствовало благоприятному исходу операции.

Важной отличительной чертой осложнений коронавирусной инфекции является развитие системного тромбофильного состояния с последующей микро— и макрососудистой тромбоэмболией. В челюстно-лицевой области возможны проявления в виде некротических изменений костей лицевого скелета, связанных с тромбозом артерий [7]. С учётом одностороннего поражения, остеонекроз верхней челюсти у наблюдаемых нами пациентов, возможно, связан с макрососудистой тромбоэмболией верхнечелюстной артерии. Так же вероятной причиной некротических поражений костей лицевого отдела черепа могли быть инвазивные микозы, так как литературные данные указывают на наличие микромицетов при микологическом исследовании у таких больных [2].

В нашем наблюдении пациентам проводилось длительное комплексное лечение для нормализации микроциркуляции в тканях и повышения резистентности организма. Применялись многокомпонентные препараты, хорошо зарекомендовавшие себя при лечении многих заболеваний [5, 6]. Проведенное лечение способствовало отграничению и отторжению участков некроза, после чего проводилось хирургическое вмешательство для удаления погибших тканей. Успех операции был достигнут после проведения ее в отдаленные сроки. После операции некротомии происходила нормализация СОЭ, ЛИИ и ИЛСОЭ.

Заключение

Пациенты с последствиями перенесенного в 2020–2021 гг. COVID 19 продолжают обращаться в отделения челюстно-лицевой хирургии. Остеонекроз верхней челюсти, как осложнение COVID 19, отмечен у мужчин и женщин среднего и пожилого возраста на фоне сопутствующих заболеваний: сахарного диабета, артериальной гипертензии и пр. Пациентам с остеонекрозом верхней челюсти, возникшим вследствие COVID 19, необходимо лечение сопутствующих заболеваний, а также многокомпонентная терапия, которая способствует отграничению и отторжению участков некроза. Хирургическое вмешательство, проведенное после отграничения некротизированной костной ткани верхней челюсти, приводит к благоприятному исходу заболевания и позволяет начать ортопедическую реабилитацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоцерковская Ю.Г., Романовских А.Г., Смирнов И.П. COVID-19: Респираторная инфекция, вызванная новым коронавирусом: новые данные об эпидемиологии, клиническом течении, ведении пациентов. *Consilium Medicum*. 2020; 3: 12–20. DOI: 10.26442/20751753.200092.
2. Баранова И.Б., Яременко А.И., Зубарева А.А. и др. Мукормикоз костей лицевого черепа, полости носа и околоносовых пазух у пациентов, перенесших COVID-19. *Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия*. 2021; 23(4): 347–358. DOI: 10.36488/смас.2021.4.347–358.
3. Островский В.К., Машенко А.В., Янголенко Д.В., Макаров С.В. Показатели крови и лейкоцитарного индекса интоксикации в оценке тяжести и определении прогноза при воспалительных, гнойных и гнойно-деструктивных заболеваниях. *Клиническая лабораторная диагностика*. 2006; 6: 50–53.
4. Сперанский И.И. Самойленко Г.Е., Лобачева М.В. Общий анализ крови — все ли его возможности исчерпаны? Интегральные индексы интоксикации как критерии оценки тяжести течения эндогенной интоксикации, ее осложнений и эффективности проводимого лечения. Острые и неотложные состояния в практике врача. 2009; 6:3–12.
5. Зоткин Е.Г. Препараты Neel в комплексной терапии остеоартроза. *Фарматека*. 2016; s3-16: 30–34.
6. Жевачевский Н.Г. Искусство быть здоровым. Новосибирск. Изд-во РИФ-Новосибирск. 2021; 1–568.
7. Антонова И.Н., Григорьянц А.П., Калакуцкий Н.В. и др. Возможные осложнения в челюстно-лицевой области и полости рта при инфекции COVID-19. *Клиническая стоматология*. 2022; 25(2): 94–99. DOI: 10.37988/1811-153X_2022_2_94

© Ерокина Надежда Леонидовна (nadleo@mail.ru); Рогатина Татьяна Владимировна; Лепилин Александр Викторович; Бахтеева Галия Рифатовна; Савельева Светлана Станиславовна; Макарова Дарья Константиновна; Колокольцева Дарья Александровна; Кривчикова Анастасия Сергеевна

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ТРАВМОЙ ПЕЧЕНИ. ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ОКАЗАНИЯ ПОМОЩИ

THE RESULTS OF TREATMENT OF PATIENTS WITH LIVER INJURY. WAYS TO OPTIMIZE THE PROVISION OF ASSISTANCE

**N. Zyкова
S. Onishchenko
V. Darvin
M. Shishulina**

Summary. Analysis of diagnostic and recovery results with closed liver injuries, optimization of diagnostic and treatment algorithms in the conditions of a level I trauma center at the present stage. This retrospective study was conducted at the Surgut Clinical Traumatology Hospital in Surgut, Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug-Yugra. The study included 73 patients admitted with blunt liver injury, 55 men and 18 women. The majority of patients had a combined injury — 63 (86 %), 6 (8.2 %) patients had an isolated abdominal injury with liver damage, 4 (5.5 %) had multiple internal injuries. In 12 (16.4 %) cases, liver injury was combined with spleen injury of varying severity. Non-surgical (surgical means fast, prompt) treatment of liver injuries is possible for most blunt injuries in the absence of contraindications and the degree of damage is AAST 1–3. At the same time, it is possible to reduce the duration of treatment of patients, reduce the frequency of complications, such as the progression of anemia in the postoperative period, and the development of early adhesive intestinal obstruction. Such tactics can lead to improved treatment outcomes: reduced mortality, complications, and shorter duration of inpatient treatment.

Keywords: closed liver injury, non-surgical treatment, ASST, WSES, OIS, posthemorrhagic anemia, complications of liver injury.

Зыкова Нина Владимировна

аспирант, БУ ВО ХМАО-Югры

«Сургутский государственный университет»

zykovanv1981@yandex.ru

Онищенко Сергей Владимирович

доктор медицинских наук, профессор, БУ ВО ХМАО-Югры

«Сургутский государственный университет»

sergej-on@mail.ru

Дарвин Владимир Васильевич

доктор медицинских наук, профессор, БУ ВО ХМАО-Югры

«Сургутский государственный университет»

Шишулина Мария Петровна

Врач-хирург, Сургутской клинической

травматологической больницы

shishulinamaria@yandex.ru

Аннотация. Анализ результатов диагностики и лечения пострадавших с закрытыми повреждениями печени, оптимизация диагностического и лечебного алгоритмов в условиях травматологического центра I уровня на современном этапе.

Это ретроспективное исследование было проведено на базе «Сургутской клинической травматологической больницы» г. Сургута, ХМАО-Югры. В исследование включено 73 пациента, поступивших с тупой травмой печени, из них мужчин 55, женщин — 18. Большая часть пациентов имела сочетанную травму — 63 (86 %), у 6 (8,2 %) пациентов имела место изолированная травма живота с повреждением печени, у 4 (5,5 %) — множественные повреждения внутренних органов. В 12 (16,4 %) случаях травма печени сочеталась с травмой селезенки различной степени тяжести. Неоперативное (оперативное — значит быстро, оперативно) лечение травм печени возможно при большинстве тупых травм при отсутствии противопоказаний и степени повреждения AAST 1–3. При этом возможно снижение сроков лечения пациентов, снижение частоты осложнений, таких как прогрессирование анемии в послеоперационном периоде, развитие ранней спаечной кишечной непроходимости. Такая тактика может привести к улучшению результатов лечения: снижению летальности, осложнений, уменьшению продолжительности стационарного лечения.

Ключевые слова: закрытая травма печени, неоперативное лечение, ASST, WSES, OIS, постгеморрагическая анемия, осложнения травмы печени.

Введение

Анализ результатов диагностики и лечения пострадавших с закрытыми повреждениями печени, оптимизация диагностического и лечебного алгоритмов в условиях травматологического центра I уровня на современном этапе.

Ретроспективное исследование было проведено на базе «Сургутской клинической травматологической

больницы» г. Сургута, ХМАО-Югры. В исследование включено 73 пациента, поступивших с тупой травмой печени, из них мужчин 55, женщин — 18. Большая часть пациентов имела сочетанную травму — 63 (86 %), у 6 (8,2 %) пациентов имела место изолированная травма живота с повреждением печени, у 4 (5,5 %) — множественные повреждения внутренних органов. В 12 (16,4 %) случаях травма печени сочеталась с травмой селезенки различной степени тяжести. Неоперативное лечение травм печени возможно при большинстве тупых травм при отсут-

ствии противопоказаний и степени повреждения AAST 1–3. При этом возможно снижение сроков лечения пациентов, снижение частоты осложнений, таких как прогрессирование анемии в послеоперационном периоде, развитие ранней спаечной кишечной непроходимости. Такая тактика может привести к улучшению результатов лечения: снижению летальности, осложнений, уменьшению продолжительности стационарного лечения.

Согласно литературным данным, травматизация печени при повреждениях органов брюшной полости наблюдается в 56–66,8 % случаев. В 37–45 % случаев в послеоперационном периоде у пациентов с травмой печени встречаются осложнения. В связи с ростом числа автодорожных, производственных травм, в том числе кататравм в последние годы отмечается увеличение частоты повреждений печени и других паренхиматозных органов. Летальность пострадавших с тяжелой травмой печени составляет около 40 % на этапе госпитализации, от 17 до 36 % при изолированной травме, а при сочетанной травме достигает 39–42 % в послеоперационном периоде [1,2].

В последние годы развивается избирательное применение консервативной тактики при травме живота у гемодинамически стабильных пациентов (NOM). Этот подход к ведению пациентов с тупыми травмами печени является высокоэффективным и максимально щадящим для лечения тупых травм печени у гемодинамически стабилизированных пациентов в том числе и при тяжелой травме печени [3,4]. Эта стратегия начинается с клинического наблюдения и продолжается мониторингом лабораторных данных и результатов лучевых методов диагностики [7]. В мировой практике NOM предполагает консервативное ведение пациента и выполнение рентген эндоваскулярных вмешательств. Прогресс методов рентгенодиагностики, в частности мульти спиральной компьютерной томографии, дающих детальную информацию о тяжести способствует прогрессу и развитию этого направления лечения.

Считается, что показанием к экстренной лапаротомии является не объем внутрибрюшного кровотечения, а нестабильная гемодинамика, устойчиво сохраняющаяся при трансфузии 2–3 доз эритроцитарной массы [12, 13]. Это подкрепляется литературными данными, согласно которым 80 % случаев при закрытой травме печени и селезенки интраоперационно обнаруживается остановившееся кровотечение

Данные литературы российских и зарубежных авторов, указывают, что неоперативное лечение может снизить летальность с 34 до 24 % при повреждении печени IV и V степени. Тактика NOM снижает частоту напрасных лапаротомий и абдоминальных осложнений, позволяет уменьшить объемы переливания крови, способствует

снижению стоимости лечения, уменьшает продолжительность пребывания в стационаре [1,3,4,5]. В соответствии с классификацией повреждения печени по AAST (Американская ассоциация хирургии травмы, 1994 г.), и классификации WSES с учетом AAST, OIS (Organ Injury Scaling) — шкалы повреждения органа, предназначенной для объективной оценки анатомического повреждения каждого отдельного органа, гемодинамического статуса (Pisa, Italy, 2020), а также сопутствующими поражениями NOM тактика может быть способом успешного лечения до 60–85 % пациентов с тупой травмой печени в (табл. 1,2). Согласно мировым стандартам Всемирного общества неотложной хирургии (WSES — World Society of Emergency Surgery), способ ведения травмы печени определяется состоянием гемодинамики и степенью повреждения печени на основании данных КТ ангиографии, которая является золотым стандартом в оценке степени тяжести тупой травмы печени и оптимальным методом неинвазивной диагностики повреждений. По данным исследований многих авторов, все гемодинамически стабильные пациенты с закрытой ТП и отсутствием других абдоминальных повреждений, требующих операции, должны пройти попытку неоперативного ведения независимо от степени травмы [2,4,5,6,7,8,14].

Таблица 1.

Шкала повреждений печени по классификации AAST

Степень	Характер повреждений
I	Гематома: субкапсулярная, менее 10 % площади поверхности. Разрыв капсулы с глубиной повреждения паренхимы менее 1 см
II	Гематома: субкапсулярная, 10–50 % площади поверхности или интрапаренхиматозная менее 10 см в диаметре. Разрыв 1–3 см глубиной, менее 10 см в длину
III	Гематома: субкапсулярная, более 50 % площади поверхности или увеличивающаяся; разрыв субкапсулярной или паренхиматозной гематомы; интрапаренхиматозная гематома более 10 см в диаметре или увеличивающаяся. Разрыв глубиной более 3 см
IV	Разрыв паренхимы с вовлечением 25–75 % доли печени или от одного до трех сегментов (по классификации Куино) в пределах одной доли
V	Разрыв паренхимы с вовлечением более 75 % доли печени или более трех сегментов (по классификации Куино) в пределах одной доли. Повреждение околопеченочных вен — позадипеченочной части поллой вены, крупных печеночных вен
VI	Отрыв печени

Примечание: при множественных повреждениях класс увеличивается на единицу до III класса.

Таблица 2.

Классификация WSES повреждения печени с учетом классификации AAST и гемодинамического статуса

Степень тяжести WSES	Характеристика группы
WSES I	гемодинамически стабильные повреждения AAST-OIS I–II степени
WSES II	гемодинамически стабильные повреждения AAST-OIS III степени
WSES III	гемодинамически стабильные повреждения AAST-OIS IV–V степени
WSES IV	гемодинамически нестабильные повреждения AAST-OIS I–VI степени

Примечание: OIS (Organ Injury Scaling) — шкала повреждения органа, предназначена для объективной оценки анатомического повреждения каждого отдельного органа

Противопоказаниями для NOM при AAST IV и V степени тупой травмы печени являются: систолическое артериальное давление при поступлении 100 мм рт. ст. или менее (определено как гемодинамическая нестабильность), наличие других повреждений органов брюшной полости, объем крови в брюшной полости более 500 мл с признаками увеличения, поступление контрастного вещества при КТ-ангиографии в брюшную полость или паренхиму печени, нарушение сознания [5].

Цель исследования

Анализ результатов диагностики и лечения пострадавших с закрытыми повреждениями печени, оптимизация диагностического и лечебного алгоритмов в условиях травматологического центра I уровня на современном этапе.

Материалы и методы

Проанализированы результаты лечения 73 пострадавших с закрытой травмой живота и повреждением печени, госпитализированных в хирургические отделения Сургутской клинической травматологической больницы г. Сургута, ХМАО-Югры с 2018 по 2023 гг.

В соответствии с целью и задачами исследования все больные были разделены на 3 группы, в зависимости от степени тяжести травмы печени и лечебной тактики:

1-я группа: больные с повреждениями печени, которым проводилось консервативное лечение — 13 пациентов (17 %).

2-я группа: больные с повреждениями печени, которым выполнялась лапароскопия, в том числе с лапароскопическим гемостазом — 12 пациентов (16,5 %).

3-я группа: больные с повреждениями печени, которые были оперированы в соответствии с традиционной хирургической тактикой (лапаротомия) — 48 пациентов (66,5 %).

Пострадавшие находились в возрасте от 18 до 84 лет: до 44 лет — 53 (73,5 %) человек, от 45 до 59 лет — 14 (19,2 %) пострадавших, от 60 до 74 лет — 5 (6,8 %) пациентов, старше 75 — 1 (1,4 %) человек. Характеризуя исследуемую группу больных, необходимо подчеркнуть, что основу ее составили люди молодого возраста: среднее значение в группе составило $36,3 \pm 16,3$ года. 75 % пациентов были мужского пола.

Большая доля пострадавших была госпитализирована в первые 6 ч от момента получения травмы — 59 (80,8 %) пострадавших; в течение последующих 7–24 ч в стационар доставлено 7 (9,5 %) пациентов; более чем через сутки обратилось 7 (9,5 %) человек.

Наиболее частой причиной закрытой травмы живота (46 больных, 63 %) послужило дорожно-транспортное происшествие. В результате падения с высоты получили травму 20 (27,4 %) пациентов. У 4-х больных (5,5 %) тупая травма живота явилась следствием бытовой или производственной травмы, а у 3-х (4,1 %) носила криминальный характер.

В соответствии с целью и задачами исследования пациентам с подозрением на закрытую травму живота проводилось комплексное клиничко-лабораторное обследование, рентгенографию и ультразвуковое исследование органов брюшной полости. По показаниям — компьютерная томография, диагностическая лапароскопия.

Рентгенологическое обследование (обзорная рентгенография органов брюшной полости и грудной клетки) было выполнено 65 (89 %) больным. У 2 (2,7 %) из пациентов было заподозрено повреждение органов брюшной полости.

Ультразвуковое исследование (УЗИ) органов брюшной полости было выполнено всего в 52 (71,2 %) случае сразу при поступлении и/или в интервале 72 часов с момента поступления. Данные этого исследования в дополнение к клинической картине позволили предположить повреждение печени у 45 пострадавших. Чувствительность методики УЗИ составила 75 %.

КТ выполнена у 46 (63,0 %) пациентов. В большинстве случаев (38–82,6 %) при данной методике исследования был точно установлен характер травматических изменений печени и другие повреждения. Точность методики исследования составила 90 %.

12 (16,4 %) пострадавшим выполнена диагностическая лапароскопия. Из них у 4 (33,3 %) пациентов были

выполнены различные методы эндоскопического гемостаза. Еще у 2 (16,6 %) пациентов эндоскопическая картина остановившегося кровотечения не требовала выполнения гемостаза, пациентам проводилось дренирование брюшной полости с последующим консервативным лечением. У 6 (50 %) пациентов выявленные находки и развившиеся осложнения потребовали выполнения лапаротомии в отсроченном порядке.

Большая часть пациентов поступила с сочетанной травмой — 63 (86,3 %), 6 (8,2 %) пациентов — с изолированной травмой живота с повреждением печени, 4 (5,5 %) — с множественными повреждениями внутренних органов. У 12 (16,4 %) пациентов травма печени сочеталась с травмой селезенки различной степени тяжести. В состоянии шока было доставлено 50 (68 %) пострадавших.

Распределение пациентов по степени органной травмы, оцененной по шкале OIS, представлено в табл. 3.

Таблица 3.

Распределение больных по степени органной травмы (n=73)

Поврежденный орган	Классификация по шкале OIS				
	I степень	II степень	III степень	IV степень	V–VI степень
Печень	12 (16,4 %)	26 (35,6)	17 (23,3 %)	2 (2,7 %)	4 (5,5 %)
Печень и селезенка*	8 (11,0 %)	24 (5,5 %)			
Итого:	20 (27,3 %)	30 (41,1 %)	17 (23,3 %)	2 (2,7 %)	4 (5,5 %)

* При одновременном повреждении печени и селезенки степень органной травмы определялась по наиболее травмированному органу.

По характеру повреждения печени у 12 пациентов диагностированы органные гематомы, у 53 — разрывы. При одновременном повреждении печени и селезенки было выявлено 10 случаев разрыва обоих органов различной степени тяжести и у 2 пациентов отмечены наличие гематом печени и селезенки.

Результаты и обсуждение

Из 73 пациентов с тупыми травмами живота 60 (82,2 %) пациентов были госпитализированы в отделение реанимации и интенсивной терапии. 13 (17,8 %) пациентов в связи с нестабильной гемодинамикой после диагностического этапа из приемного отделения транспортированы в операционную, где выполнялось неотложное оперативное вмешательство.

Диагностика степени повреждения ОБП на основе только УЗИ выполнено у 25 (34,2 %) пациентов, 6 (8,2 %)

из них были стабильными и лечились консервативно, со степенью повреждения AAST I–II. Ушиб печени диагностировался на основании лабораторной диагностики и отсутствия клинко-инструментальных данных повреждений печени. У 4 (5,5 %) пациентов при УЗИ диагностирован гемоперитонеум, и в связи с тяжелым нестабильным состоянием они прооперированы в экстренном порядке. Еще 4 (5,5 %) пациента с диагнозом «малый гемоперитонеум» в объеме до 300–500 мл, также подверглись оперативному вмешательству в экстренном порядке, без выполнения КТ с контрастированием.

Следует отметить, что первичное УЗИ, согласно описаниям исследований, выполняемое согласно клиническим рекомендациям при травмах брюшной полости грудной клетки выполнялось не по FAST-протоколу (Focused assessment with sonography for trauma), что явилось причиной снижения информативности в некоторых случаях и увеличения продолжительности исследования. Кроме того, этим пациентам, не было выполнено КТ-исследование с контрастированием, что не позволило адекватно оценить степень повреждения печени и придерживаться тактики NOM.

32 (43,8 %) пациентам, поступившим с тупой травмой печени, с целью диагностики повреждений выполнялось УЗИ ОБП и КТ с контрастированием.

На первоначальном диагностическом этапе при поступлении КТ выполнена 38 (52,1 %) пациентам, в дальнейшем еще 8 (11,0 %) пациентам. При первичной КТ активное кровотечение выявлено у 14 (19,2 %) пациентов, у 7 (9,6 %) диагностировано наличие подкапсульной или паренхиматозной гематомы без накопления контраста, у 14 (19,2 %) пациентов обнаружена лишь свободная жидкость в брюшной полости, у 3 (4,1 %) пациентов — гематомы забрюшинного пространства без четкой локализации места накопления или поступления контраста. У 8 (11,0 %) пациентов — изменения на КТ не выявлены.

27 (37,0 %) пациентам КТ не проводилась, в 5 (18,5 %) случаях — в связи с тяжелым нестабильным состоянием и необходимостью неотложного оперативного вмешательства.

Следует отметить, что КТ может являться основополагающим методом исследования для определения тактики ведения больных с травмой печени в комплексе с оценкой гемодинамической стабильности. КТ позволяет выявить следующие признаки повреждения органа: разрывы простой или «звездчатой» формы, часто ориентированные параллельно ветвям воротной или печеночной вены, линейный гиподенсный разрыв с лучами — визуализация повреждений крупных печеночных сосудов в забрюшинном пространстве, у ворот печени, «симптом румянца» (признак увеличивающейся

гематомы в паренхиме печени), под капсульные гематомы (имеют четкие границы и вид серпа или чечевицы), признаки гемоперитонеума, внебрюшинное скопление крови по ходу ветвей воротной вены и в забрюшинном пространстве («симптом пери порталных рельсов»).

Принципиально важным является КТ в динамике у гемодинамически стабильных пациентов, с высокой степенью повреждения паренхимы печени (ASST III–V), которые ведутся по NOM-протоколу в качестве первоначальной тактики. Сроки выполнения повторного исследования зависят от состояния гемодинамики и показателей красной крови. В доступной нам литературе мы не нашли единого мнения о частоте и сроках выполнения КТ при NOM.

В связи с этим, через несколько часов с момента поступления или на следующие сутки, с учетом показателей красной крови, гемодинамики и уровня сознания КТ выполнена еще у 8 (11,0 %) пациентов, при этом в 3 (6,5 %) случаях выявлен рецидив внутрибрюшного кровотечения, что явилось показанием к отсроченной лапаротомии. Еще у 3 (6,5 %) пациентов КТ не выявила внутрибрюшных осложнений, и у 2 (4,3 %) — выявлены внебрюшинные осложнения травмы.

По итогам проведенного обследования 51 (69 %) пациент был со стабильной гемодинамикой, 22 (31 %) были признаны нестабильными (артериальное давление ≤ 100 , гемотрансфузия более 4 упаковок отмытых эритроцитов, нарушение сознания, признаки продолжающегося кровотечения и др.).

Результаты дооперационной КТ, а также УЗИ не всегда позволяли адекватно оценивать степень повреждения печени и проводить сортировку по степени органных повреждений. В группе оперированных больных, в том числе лапароскопическим методом, степень повреждения AAST I была диагностирована у 12 (20 %) пациентов, ASST II — у 26 (43,3 %) пациентов, ASST III — 16 пациентов (26,6 %), ASST IV — 2 (3,3 %), ASST V — у 4 (6,6 %) пациентов.

Результаты лечения оперированных больных с повреждениями печени при закрытой травме живота

Как было указано выше, эту группу составили 48 (66,5 %) человек, у которых выполнена лапаротомия. У 12 (16,5 %) пациентов первично выполнена лечебно-диагностическая лапароскопия. Степень органной травмы пациентов представлена в табл. 4.

Время от момента поступления в стационар до начала оперативного вмешательства варьировало от 15 минут до 150 часов. Следует отметить, что в течение дли-

Таблица 4.
Распределение по тяжести органного повреждения в группе оперированных пациентов по шкале OIS (n=60)

Вид первичного оперативного вмешательства	Классификация по шкале OIS				
	I степень	II степень	III степень	IV степень	V–VI степень
Лапаротомия (n=48)	8 (16,6 %)	20 (41,6 %)	14 (29,2 %)	2 (4,2 %)	4 (8,4 %)
Лапароскопия (n=12)	4 (33,3 %)	6 (5 %)	2 (16,6 %)		
Итого:	12 (20 %)	26 (43,3 %)	16 (26,6 %)	2 (3,3 %)	4 (6,6 %)

тельного времени до операции многие пациенты из этой группы оставались гемодинамически стабильными. Показаниями к отсроченной операции в этих случаях послужило поступление геморрагического отделяемого по лапароцентезному дренажу или ультразвуковые находки, выявленные при выполнении контрольного УЗИ.

Показанием к оперативному лечению пациентов на основании проведенного исследования служили: гемодинамическая нестабильность (при наличии или отсутствии свободной жидкости в брюшной), продолжающиеся кровотечения в брюшную полость — 25 (41,7 %) пациентов, наличие признаков повреждения полых органов — 7 (11,7 %), переход из гемодинамической стабильности в нестабильное состояние — 9 (15,0 %), невозможность определить степень тяжести травмы в связи с выраженным алкогольным опьянением — 2 (3,3 %), наличие жидкости в брюшной полости от 50 мл до 500 мл при наличии гемодинамической стабильности — 17 (28,3 %).

В группе больных, которым была первично выполнена лапаротомия (48), были выполнены следующие открытые оперативные вмешательства:

1. Ушивание ран печени — 15 (31,4 %).
2. Резекция печени — 4 (8,3 %).
3. Коагуляционный гемостаз ран печени — 8 (16,6 %).
4. Лапаротомия с ревизией органов брюшной полости при поверхностных надрывах печени или селезенки и отсутствии внутрибрюшного кровотечения — 9 (18,9 %).

При одновременном повреждении печени и селезенки выполнялись:

1. Спленэктомия и ушивание разрывов печени — 8 (16,6 %)
2. Перевязка селезеночной артерии и коагуляционный гемостаз ран печени — 2 (4,1 %)
3. Коагуляционный гемостаз ран печени и селезенки — 2 (4,1 %)

Осложнения в данной группе оперированных больных развились у 27 пациентов (56,3 %), у большинства из них диагностирована тяжелая сочетанная травма. Наиболее частыми осложнениями травм были: воспалительные заболевания дыхательной системы и стресс-повреждения верхних отделов желудочно-кишечного тракта. Среди послеоперационных осложнений чаще наблюдались следующие: спаечная кишечная непроходимость — 6 (12,5 %), постгеморрагическая анемия тяжелой степени — 14 (29,2 %), острая печеночная недостаточность — 10 (20,8 %), острый панкреатит — 2 (4,2 %), пневмония — 6 (12,5 %), плеврит — 2 (4,2 %), СПОН (синдром полиорганной недостаточности) — 4 (8,3 %), сепсис — 2 (4,2 %).

В отдаленном периоде было выполнено 11 повторных лапаротомий (23 %), показаниями к которой были: повторное кровотечения из ран печени (2 пациента — 17 %), программируемые лапаротомии с «пакетированием» при тяжелых травмах печени по принципу damage control (4 пациента — 38 %), ранняя спаечная кишечная непроходимость (5 пациентов — 45 %).

В исследуемой группе летальность составила 16,7 % (8 пациентов). У оперированных пациентов, смерть которых наступила в первые сутки от момента поступления, причиной были: большая степень кровопотери, сочетанные повреждения, тяжесть и объем перенесенного вмешательства. 3 пациента (37,5 %) с ASST 3, сочетавшаяся с тяжелой черепно-мозговой травмой, тяжелой травмой грудной клетки с ушибом сердца и разрывом легкого; 3 (37,5 %) пациента с ASST 4, травмой грудной клетки, скелетной травмой; 1 пациент (12,5 %) с ASST 5, с сочетанной ЧМТ, скелетной травмой и разрывом нижней полой вены. В поздние сроки к летальному исходу в этой группе больных привела пневмония, декомпенсация сопутствующих заболеваний, послеоперационные осложнения, что усугублялось перенесенным лапаротомным вмешательством.

Длительность лечения в стационаре у выписанных пациентов в исследуемой группе варьировала от 8 до 129 койко-дней, а средний койко-день составил $18,13 \pm 4,01$.

При ретроспективном изучении установлено, что в исследуемой группе у 17 (35 %) пациентов, согласно интраоперационным данным, повреждение печени не превышало III степень органной травмы и объем гемоперитонеума был до 500 мл. Эти 17 больных были в сознании, гемодинамически стабильны, не имели тяжелых сочетанных повреждений, требующих лапаротомии. Следует отметить, что у этих больных на этапе лапаротомии был диагностирован спонтанный гемостаз, а объем хирургического вмешательства ограничивался коагуляцией или ушиванием неглубоких ран печени,

эвакуацией крови и дренированием. Таким образом, эта группа пациентов с тупой травмой печени не имела противопоказаний к ведению по NOM-протоколу.

Результаты консервативного лечения повреждения печени при закрытой травме живота

Ретроспективный анализ показал, что в качестве критериев возможности консервативного лечения были определены:

1. Наличие сознания.
2. Стабильная гемодинамика.
3. Отсутствие клиники перитонита.
4. Отсутствие признаков кровотечения из селезенки.
5. Степень повреждения органов не более III по шкале OIS (установленная при УЗИ или КТ) и техническая возможность их выполнения по требованию
6. Гемоперитонеум не более 500 мл.

Консервативное лечение повреждений печени при закрытой травме живота проведено у 13 (17 %) пациентов.

По степени AAST в группе неоперированных пациентов, определенной на основании клинко-инструментального обследования, распределение было следующим: AAST I — 8 (61,5 %) пациентов, ASST II — 4 (30,8 %), ASST III — 1 (7,7 %), пациентов (табл. 5).

Таблица 5.

Распределение по тяжести органного повреждения у не оперированных пациентов по шкале OIS (n=13)

Консервативное лечение	Классификация по шкале OIS				
	I степень	II степень	III степень	IV степень	V–VI степень
Органная травма	8	4	1	0	0

Из них изолированная травма органов брюшной полости была у 7 пациентов, сочетанная — у 6. Всем больным проводилось УЗИ мониторинг в динамике: дважды в первые сутки от момента поступления пациента в стационар; в последующие сутки ежедневно 1 раз до выписки пациента из стационара. Рецидивов кровотечения из поврежденных органов в исследуемой группе больных отмечено не было. Умер 1 пациент 46 лет с гематомой печени I степени по шкале OIS (летальность составила 7,7 %). Смерть наступила на 1-е сутки от поступления в стационар в результате осложнений, развившихся на фоне тяжелой сочетанной травмы (множественные переломы ребер с ранением диафрагмы и печени, пневмогемоторакс справа, закрытая черепно-мозговая травма). В этой группе у пациентов случаев гнойных осложнений со стороны поврежденных органов не наблюдались.

В данной группе пациентов продолжительность стационарного лечения зависела в первую очередь от тяжести полученных сочетанных повреждений, от возраста, характера сопутствующей патологии, развившихся в связи с травмой осложнений. Диапазон варьировал от 4 до 40 суток. Средний койко-день составил $9,85 \pm 7,36$. Показанием к выписке являлись следующие динамические критерии: уменьшение гематомы в диаметре (в 2 раза по сравнению с первичным УЗИ или КТ-исследованием), уменьшение гемоперитонеума в динамике (до 100 мл), образование капсулы печени при его разрыве, организация гематомы. Консервативное лечение повреждений печени у пациентов с закрытой травмой живота возможно при соблюдении основных условий? Таких как, учет всех критериев включения в группу консервативного лечения, техническая возможность выполнения регулярного динамического УЗ-контроля по требованию, и возможность динамического наблюдения за пациентом в условиях РАО или ПИТ.

Ретроспективный анализ результатов консервативного лечения пациентов с повреждениями печени при закрытой травме живота показал, что существует группа пациентов, которые, с одной стороны, не имеют четких показаний к консервативному лечению (отсутствие у больного сознания, неинформативность или техническая невозможность выполнения УЗИ или КТ), а с другой стороны не имеют явных показаний к лапаротомии (стабильная гемодинамика, гемоперитонеум до 300–500 мл при УЗИ и КТ). У этой категории больных оптимальной тактикой может быть выполнение диагностической лапароскопии.

Диагностическая лапароскопия при подозрении на повреждение органов брюшной полости и внутрибрюшной кровотечение выполнена у 12 (16,5 %) пострадавших. Из них у 4 (33,3 %) пациентов были выполнены различные варианты эндоскопического гемостаза. Еще у 2 (16,6 %) пациентов во время выполнения эндоскопического вмешательства наблюдалась картина остановившегося кровотечения и не требовалось выполнение гемостаза. Этим пациентам проводилось дренирование брюшной полости с последующим консервативным лечением. В 6 (50 %) случаях эндоскопического вмешательства выполнена конверсия в лапаротомию, а у 2-х пациентов выполнена лапаротомия в более позднем периоде — через 1–4 суток.

Показаниями к лапаротомии являлись:

1. Наличие травмы полого органа и картина перитонита.
2. Гемоперитонеум более 500 мл.
3. Степень органной травмы более III по шкале OIS.
4. Неустановленный источник продолжающегося внутрибрюшного кровотечения
5. Невозможность выполнения эндоскопического гемостаза по техническим причинам

6. Невозможность адекватной оценки тяжести травмы.

В таблице 5 отражено распределение пациентов группы лапароскопического лечения по тяжести органной травмы. Лапароскопия закончена устранением гемоперитонеума и дренированием брюшной полости у 4 (33 %) пациентов в связи с отсутствием продолжающегося кровотечения. У 6 (50 %) пациентов произведена электрокоагуляция разрывов печени и селезенки с дренированием брюшной полости, а у 2 (16,6 %) пациентов лапароскопия переведена в лапаротомию в связи с сочетанной травмой полых органов.

Лапароскопический гемостаз, эвакуацию гемоперитонеума и дренирование брюшной полости проводили по следующим показаниям: 1. степень повреждения печени не более III по шкале OIS, 2. гемоперитонеум не более 300–500 мл.

В исследуемой группе рецидив внутрибрюшного кровотечения отмечен у 4 (33,3 %) пациентов (2 после электрокоагуляции ран печени и 2 после коагуляции ран селезенки), в связи с чем у них была выполнена конверсия в лапаротомию и проведена спленэктомия, гемостаз из ран печени. В данной группе пациентов летальных случаев не было. У пациентов этой группы продолжительность лечения в стационаре составила от 4 до 24 дней, а средний койко-день — $8,67 \pm 5,05$. Общая летальность составила 12,3 %.

Заключение

Основным фактором, оказывающим влияние на тактику ведения пациентов с закрытой травмой печени, является гемодинамический статус пациента. Нестабильность гемодинамики при поступлении, а также вид и степень органной травмы во многом определяют прогноз и исход травмы. Основными причинами летальных исходов у больных с ЗТЖ в первые сутки от получения травмы являются шок и острая кровопотеря; а в более поздние сроки — бронхолегочные осложнения.

Консервативное ведение пациентов с закрытой травмой печени возможно проводить только в крупных специализированных центрах, обладающих круглосуточным широким спектром диагностических и лечебных возможностей, использующих мультидисциплинарный подход к лечению закрытых травм живота; оно является эффективной и безопасной альтернативой хирургическому лечению при правильном отборе пострадавших. При стабильной гемодинамике и отсутствии противопоказаний (нарушение сознания, повреждение полых органов и др.) возможна попытка консервативного ведения. При необходимости следующим этапом может

служить лапароскопия с выполнением эндоваскулярного гемостаза.

Скрининговым методом диагностики при подозрении на повреждения печени при закрытой абдоминальной травме является УЗИ, по FAST протоколу. После УЗИ необходимо выполнение КТ для детализации повреждения и дальнейшего выбора тактики лечения и программы наблюдения за пациентом при выборе NOM.

При наличии стабильной гемодинамики, сознания, отсутствии тяжелой сочетанной травмы, гемоперитоне-

уме до 300–500 мл, травме органа не более III степени по шкале OIS, возможно проведение консервативного лечения с динамическим УЗ-контролем и наблюдением.

Дифференцированный лечебно-диагностический подход, а также использование возможностей лапароскопии, при повреждениях печени у 26 % пациентов с ЗТЖ позволило избежать лапаротомного вмешательства и снизить показатели летальности и количество осложнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сигуа Б.В., Земляной В.П., Дюков А.К. Сочетанная и изолированная травма живота с повреждением печени // Вестник хирургии имени И.И. Грекова. 2015. Т. 174, № 1. С. 9–15.
2. Coccolini F. WSES classification and guidelines for liver trauma / Coccolini F., Catena F., Moore E.E. et al. // World J. Emerg. Surg. — 2016. — №11. — 50. <https://doi.org/10.1186/s13017-016-0105-2>.
3. Whitney Villegas. Trends in Reduction of Mortality in Liver Trauma. Author links open overlay panel / Whitney Villegas, Jeanette Vaughan // J -Critical Care Nursing Clinics of North America. — 2022. — №34 (3). — 351–359. <https://doi.org/10.1016/j.cnc.2022.04.008>.
4. Levent Kaptanoglu. Current approach to liver Traumas / Levent Kaptanoglu, Necmi Kurt et al. // International Journal of Surgery. — 2017 — № 39. — 255–259. <https://doi.org/10.1016/j.ijss.2017.02.015>.
5. Coccolini F. Liver trauma: WSES 2020 guidelines / Coccolini F., Coimbra R., Ordonez, C. et al. // World J. Emerg Surg. — 2020. — №15 (24). <https://doi.org/10.1186/s13017-020-00302-7>.
6. L. Barbier A.D. Can we refine the management of blunt liver trauma? / L. Barbier A.D., M. Calmels A.M. et al. // Journal of Visceral Surgery/ — 2019. — № 156. — 23–29. <https://doi.org/10.1016/j.jviscsurg.2018.03.013>.
7. Владимиров Е.С., Дубров Э.Я., Черная Н.Р. Миниинвазивные методы диагностики и лечения при посттравматических образованиях печени // Анналы хирургической гепатологии. 2014. Т. 19, № 4. С. 32–38.
8. Tarchouli M. Liver trauma: What current management? / Tarchouli M., Elabssi M., Njoui N. et al. // Hepatobiliary Pancreat Dis Int. 2018. №17(1). 39–44. <https://doi.org/10.1016/j.hbpd.2018.01.013>.
9. Александров В.В. Экспериментальное исследование локального криогемостаза при повреждениях печени и селезенки: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Волгоград, 2013. 21 с.
10. Смоляр А.Н. Закрытая травма живота. Повреждения печени. Часть 1 // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2015. № 12. С. 5–13.
11. Шапкин Ю.Г. Тампонирование в хирургическом лечении тяжелых повреждений печени. / Шапкин Ю.Г., Чалык Ю.В., Стекольников Н.Ю. и др. // Политравма. — 2020. — № 1. — 18–22.
12. Leppäniemi A. Nonoperative management of solid abdominal organ injuries: From past to present. Scand J. Surg. 2019;108(2):95–100. PMID: 30832550 <https://doi.org/10.1177/1457496919833220>.
13. Ермолов А.С., Ярцев П.А., Гуляев А.А., Тлибекова М.А., Левитский В.Д., Черныш О.А. Дифференцированная тактика лечения пациентов с абдоминальной травмой. Московская медицина. 2017;(52):55.
14. Coccolini F., Catena F., Moore E.E., Ivatury R., Biffl W., Peitzman A., et al. WSES classification and guidelines for liver trauma. World J Emerg Surg. 2016; 11: 50. <https://doi.org/10.1186/s13017-016-0105>.

© Зыкова Нина Владимировна (zykovanv1981@yandex.ru); Онищенко Сергей Владимирович (sergej-on@mail.ru);
Дарвин Владимир Васильевич; Шишулина Мария Петровна (shishulinamaria@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КЛИНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА АТРАВМАТИЧНОЙ УСТАНОВКИ НАЗОИНТЕСТИНАЛЬНОГО СИЛИКОНОВОГО ЗОНДА

CLINICAL SUBSTANTIATION OF THE METHOD OF ATRAUMATIC INSERTION OF NASOINTESTINAL SILICONE PROBE

R. Idrisov
S. Kapralov
M. Polidanov
A. Smolkina
A. Danilov
V. Maslyakov

Summary. The aim of the study is to clinically validate the method of atraumatic insertion of nasointestinal silicone probe. The study was performed based on the surgical department of the University Clinical Hospital No. 1 named after S.R. Mirotvortsev. As a nasointestinal probe used probe made of soft food silicone can be used in the treatment of operated patients in the early postoperative period for gastric and duodenal ulcer, gastric cancer. The probe is a 90 cm long hollow tube with two side openings near one of the ends (ends). Its advantage is that it is made of food-grade silicone, which makes it very soft and atraumatic. The probe does not traumatize or irritate the nasal passages and pharynx. The probe can be inserted for long periods of time without the risk of sores, nasopharyngitis and sinusitis. The use of a probe made of soft elastic material requires a special technology of its installation, as it is impossible to insert it into the intestine through the nasal passages, esophageal bends, anastomosis by the usual orthograde transnasal method. Therefore, the method of retrograde atraumatic insertion of such a probe is proposed.

Keywords: abdominal surgery, nasointestinal probe, food silicone probe, atraumatic placement of nasointestinal silicone probe, postoperative period.

Идрисов Рейзудин Имамудинович

Ассистент, Саратовский государственный
медицинский университет им. В.И. Разумовского
sergejkapralov@yandex.ru

Капралов Сергей Владимирович

доктор медицинских наук, доцент,
Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского
sergejkapralov@yandex.ru

Полиданов Максим Андреевич

специалист научно-исследовательского отдела,
Университет «Реавиз», г. Санкт-Петербург
maksim.polidanoff@yandex.ru

Смолякина Антонина Васильевна

доктор медицинских наук, профессор,
Ульяновский государственный университет
smolant1@yandex.ru

Данилов Андрей Дмитриевич

Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского
maksim.polidanoff@yandex.ru

Масляков Владимир Владимирович

доктор медицинских наук, профессор,
Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского;
доктор медицинских наук, профессор,
Медицинский университет «Реавиз», г. Саратов
maslyakov@inbox.ru

Аннотация. Целью исследования является клиническое обоснование способа атравматичной установки назоинтестинального силиконового зонда. Исследование выполнено на базе хирургического отделения Университетской клинической больницы № 1 имени С.Р. Миротворцева. В качестве назоинтестинального зонда применен зонд из мягкого пищевого силикона может быть использован при лечении оперированных пациентов в раннем послеоперационном периоде при язве желудка и двенадцатиперстной кишки, раке желудка. Зонд представляет собой полую трубку длиной 90 см с двумя боковыми отверстиями вблизи одного из концов (торцов). Его преимущество в том, что он выполняется из пищевого силикона, что делает его очень мягким и атравматичным. Зонд не травмирует и не раздражает носовые ходы и глотку. Зонд может быть установлен на длительный срок без риска пролежней, назофарингита и синусита. Применение зонда из мягкого эластичного материала требует применения особой технологии его установки, так как завести его в кишечник через носовые ходы, изгибы пищевода, анастомоз обычным ортоградным трансназальным способом невозможно. Поэтому предложен способ ретроградной атравматичной установки такого зонда.

Ключевые слова: абдоминальная хирургия, назоинтестинальный зонд, зонд из пищевого силикона, атравматичная установка назоинтестинального силиконового зонда, послеоперационный период.

Введение

Известен способ установки дуоденального декомпрессионно-питательного зонда [1], по которому проводят фиброгастроскопию с параллельным проведением дуоденального декомпрессионно-питательного зонда до нижнегоризонтальной части двенадцатиперстной кишки. Проводят через носовой ход дуоденальный декомпрессионно-питательный зонд с проведенными внутри него биопсийными щипцами в желудок, параллельно дуоденальному декомпрессионно-питательному зонду через ротовую полость проводят эндоскоп с леской в биопсийном канале и петлей вне эндоскопа в желудок до дистальной части дуоденального декомпрессионно-питательного зонда, причем леску-петлю образуют до введения эндоскопа в желудок, для чего леску вводят в биопсийный канал эндоскопа через ручку до выхода ее из дистальной части эндоскопа, затем дистальный конец лески вводят обратно в биопсийный канал, образуя петлю вне эндоскопа, которую накидывают на дистальный конец дуоденального декомпрессионно-питательного зонда, который поступательными движениями эндоскопа проводят до нижнегоризонтальной части двенадцатиперстной кишки, то создавая, то ослабляя жесткость дуоденального декомпрессионно-питательного зонда при помощи биопсийных щипцов. После чего удаляют леску-петлю путем ее вытягивания, извлекают эндоскоп под контролем зрения обратно-поступательными движениями то создавая, то ослабляя жесткость дуоденального декомпрессионно-питательного зонда при помощи биопсийных щипцов для исключения смещения его из кишки, а из дуоденального декомпрессионно-питательного зонда обратно-поступательными движениями извлекают биопсийные щипцы.

Однако представленный способ невыполним в ходе лапароскопического вмешательства из-за невозможности мануального корригирования и продвижения зонда. Происходит значительное травмирование стенок пищеварительного тракта с формированием разрывов слизистой, гематом, изъязвлений, перфораций.

Известен способ введения назогастрального зонда Соколова [2], заключающийся во введении зонда через носовой ход. Согласно способу последовательно вводят через рот в пищевод эндотрахеальную однопросветную трубку с расположением ее верхнего конца на расстоянии 2–4 см от губ пациента, через канал эндотрахеальной трубки вводят в желудок назогастральный зонд, придерживая зонд, извлекают эндотрахеальную трубку из пищевода, перемещая ее по зонду, через носовой ход вводят в глотку на глубину приблизительно 15–20 см фрагмент трубки капельной системы длиной не менее 50 см, вводят роторасширитель, выводят нижний конец фрагмента трубки через рот наружу, верхний конец назогастрального зонда и нижний конец фрагмента трубки плотно со-

единяют «конец в конец» с образованием петли возле губ пациента, одновременно воздействуя в одном направлении на петлю и наружный конец фрагмента трубки, осуществляют плавное введение соединенных концов в рот, перемещение в носоглотке и выведение их через носовой ход наружу, после выхода соединенных концов отделяют фрагмент трубки от назогастрального зонда.

Однако при данном способе существует невозможность обеспечения адекватного дренирования и одновременной санации просвета нижней трети грудного отдела пищевода, желудка, 12-перстной кишки. Немаловажна и травматичность при установке и уходе за зондом. Отрицательными показателями являются иригидность — вследствие сворачивания и непроходимости устанавливаемого зонда.

Известен способ назоинтестинальной интубации [3], включающий проведение интестинального зонда через носовой ход, пищевод, желудок в тощую кишку. Согласно способу, формируют задний позадиободочный гастроэноанастомоз, диаметр которого соответствует или несколько меньше диаметра используемого зонда, и проводят зонд в тонкую кишку, минуя изгибы двенадцатиперстной кишки.

Однако интестинальная интубация представляет собой достаточно травматичное интраоперационное вмешательство [4]. Технические сложности при проведении зонда по изгибам двенадцатиперстной кишки возникают в 11,3 % случаев, а доля неудачных попыток назоинтестинальной интубации может составлять от 20 до 50 %. Кроме того, наблюдается дуодено-гастральный рефлюкс и инфицирование верхних отделов желудочно-кишечного тракта и дыхательных путей, приводящие к развитию гиперсекреции желудка, увеличению застойного содержимого, эрозивно-язвенного гастрита и эзофагита, пневмонии и гнойного трахеобронхита как результат ятрогенной несостоятельности пилорического жома. Возникает необходимость в широкой лапаротомии, особенно при операциях в нижнем этаже брюшной полости; а также в рассечении спаек в верхнем этаже брюшной полости у ранее оперированных больных и в мобилизации двенадцатиперстной кишки по Кохеру при трудностях проведения зонда по ее изгибам. Тракция зонда длиной 1,5–3 м по двенадцатиперстной кишке вызывает травматизацию ее слизистой.

В связи с вышесказанным, целью исследования является клиническое обоснование способа атравматичной установки назоинтестинального силиконового зонда

Материалы и методы исследования

Исследование выполнено на базе хирургического отделения Университетской клинической больницы № 1

имени С.Р. Миротворцева. В качестве назоинтестинального зонда применен зонд из мягкого пищевого силикона может быть использован при лечении оперированных пациентов в раннем послеоперационном периоде при язве желудка и двенадцатиперстной кишки, раке желудка. Зонд представляет собой полую трубку длиной 90 см с двумя боковыми отверстиями вблизи одного из концов (торцов) (рис. 1).

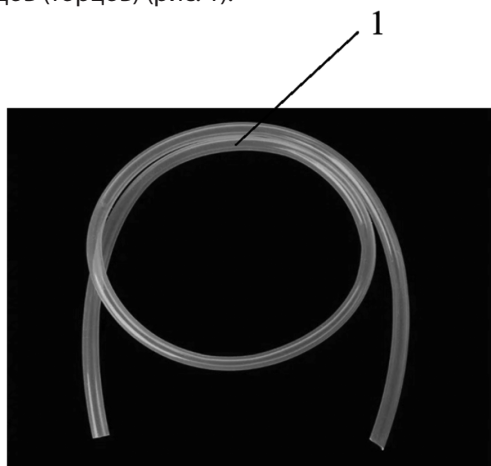


Рис. 1. Назоинтестинальный зонд из мягкого пищевого силикона

Примечание: цифрой 1 на рисунке обозначено устройство зонда: полая трубка длиной 90 см с двумя боковыми отверстиями вблизи одного из концов (торцов)

Его преимущество в том, что он выполняется из пищевого силикона, что делает его очень мягким и атравматичным. Зонд не травмирует и не раздражает носовые ходы и глотку. Зонд может быть установлен на длительный срок без риска пролежней, назофарингита и синусита. Применение зонда из мягкого эластичного материала требует применения особой технологии его установки, так как завести его в кишечник через носовые ходы, изгибы пищевода, анастомоз обычным ортоградным трансназальным способом невозможно. Поэтому предложен способ ретроградной атравматичной установки такого зонда.

Результаты и их обсуждение

Установка назоинтестинального зонда осуществляется следующим образом. Операцию на желудке (гастрэктомию или резекцию) выполняют при наличии толстого орогастрального зонда установленного в просвет желудка после интубации трахеи (рис. 2).

Этапы операции соответствуют требованиям методики операции. После выполнения гастрэктомии/резекции желудка реконструктивный этап начинается с формирования пищеводно-кишечного или желудочно-кишечного анастомоза. При этом после формирования задней губы анастомоза (рис. 3), ранее установленный орога-

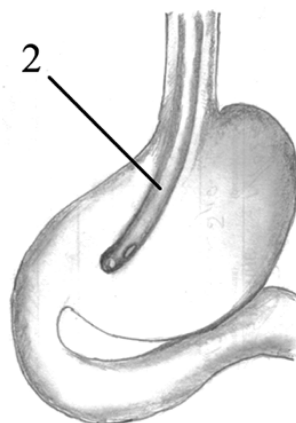


Рис. 2. Операция на желудке (гастрэктомию или резекцию), выполняемая при наличии толстого орогастрального зонда установленного в просвет желудка после интубации трахеи

Примечание: цифрой 2 на рисунке обозначен орогастральный зонд

стральный зонд (желудочный зонд) продвигают в каудальном направлении, под визуальным контролем заводят за анастомоз и позиционируют в отводящей кишке. Формирование пищеводно-кишечного или желудочно-кишечного анастомоза завершают на уже проведенном орогастральном зонде, что исключает его сужение. Далее, при формировании Брауновского межкишечного соустья после формирования задней губы анастомоза орогастральный зонд продвигают еще более каудально и выводят в рану (рис. 4).

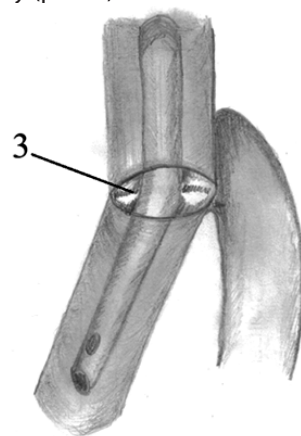


Рис. 3. На рисунке представлено формирование задней губы анастомоза

Примечание: цифрой 3 на рисунке обозначена задняя губа анастомоза

К нему лигатурой фиксируют оральный конец тонкого назоинтестинального зонда, выполненного из пищевого силикона. Орогастральный зонд извлекают из рта, при этом ретроградно за ним через ранее сформированный пищеводно-кишечный или желудочно-кишечный анастомоз в ротовую полость выводят назоинтестинальный зонд из пищевого силикона. Ретроградное проведение

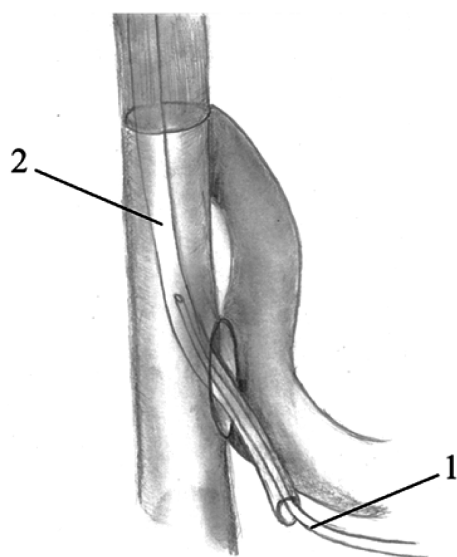


Рис. 4. На рисунке представлено формирование Брауновского межкишечного соустья после формирования задней губы анастомоза и продвижение орогастрального зонда еще более каудально и выведение его в рану

Примечание: цифрой 1 на рисунке обозначен назоинтестинальный зонд, цифрой 2 — орогастральный зонд

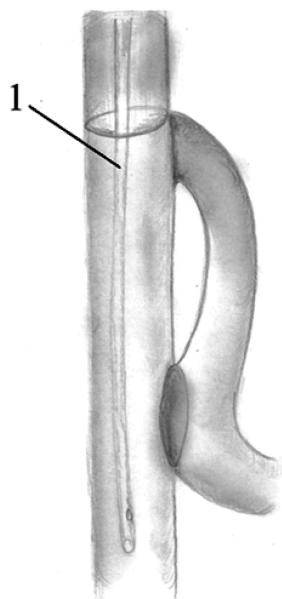


Рис. 5. На рисунке представлено проведение каудального фрагмента тонкого назоинтестинального зонда через анастомоз под визуальным контролем и позиционирование его в отводящей кишке

назоинтестинального зонда вслед за извлечением орогастрального зонда гарантирует отсутствие травматизации пищеводно-кишечного или желудочно-кишечного анастомоза. Каудальный фрагмент назоинтестинального зонда проводят через анастомоз и под визуальным контролем позиционируют в отводящей кишке (рис. 5).

Заканчивают формирование Брауновского соустья. Назоинтестинальный зонд вне тела пациента отделяют от орогастрального зонда. Через нижний носовой ход в глотку проводят мочевой катетер (катетер бронхоаспиратора). С помощью пинцета (зажима, корнцанга) извлекают конец катетера из глотки наружу (рис. 6).



Рис. 6. На рисунке представлено завершение формирования Брауновского соустья, отделение назоинтестинального зонда от орогастрального зонда

Примечание: цифрой 1 на рисунке обозначен назоинтестинальный зонд

Соединяют выведенный через рот конец катетера с концом назоинтестинального зонда. Извлекают катетер из носового хода, позиционируя при этом назоинтестинальный зонд назоинтестинально. Для фиксации назоинтестинальный зонд обрезают по уровню ноздри и в его просвет вводят пластиковую переходную канюлю подходящего диаметра. На уровне канюли назоинтестинальный зонд фиксируют к носовой перегородке лигатурой. Затем проверяют правильность установки назоинтестинального зонда пальпаторно, визуально и с помощью пробного введения физиологического раствора хлорида натрия. Введение 20 мл физраствора должно производиться с минимальным усилием без ощущения препятствия.

Пример 1.

Больной К. 65 лет поступил в хирургическое отделение Университетской клинической больницы № 1 имени С.Р. Миротворцева с жалобами на чувство тяжести в эпигастриальной области сразу после еды, отрыжку, изжогу, расстройство стула. У пациента многолетний язвенный анамнез, он неоднократно находился на лечении в терапевтических отделениях, таких как гастроэнтерология, и в последние полгода пациента беспокоил непрерывный болевой синдром и несколько эпизодов желудочно-кишечного кровотечения. На рентгеноскопии желудка, проведенной 25.07.2024 г. была выявлена язва луковицы двенадцатиперстной кишки с нишей на контуре. Опе-

рацию выполняли при наличии толстого орогастрального зонда, установленного в просвет желудка после интубации трахеи. Этапы операции соответствовали требованиям методики операции. После выполнения операции реконструктивный этап начинался с формирования пищеводно-кишечного или желудочно-кишечного анастомоза. При этом, после формирования задней губы анастомоза ранее установленный орогастральный зонд продвигался в каудальном направлении, под визуальным контролем заводился за анастомоз и позиционировался в отводящей кишке. Формирование анастомоза завершалось на уже проведенном орогастральном зонде, что исключает его сужение. Далее, при формировании Брауновского межкишечного соустья после формирования задней губы анастомоза орогастральный зонд продвигался еще более каудально и выводился в рану. К нему лигатурой фиксировался оральный конец силиконового назоинтестинального зонда. Орогастральный зонд извлекался из рта, при этом ретроградно за ним через ранее сформированный желудочно-кишечный анастомоз в ротовую полость выводился назоинтестинальный зонд. Ретроградное проведение назоинтестинального зонда вслед за извлечением орогастрального зонда гарантирует отсутствие травматизации желудочно-кишечного анастомоза. Каудальный фрагмент назоинтестинального зонда проводится через анастомоз и под визуальным контролем позиционировался в отводящей кишке. Заканчивалось формирование Брауновского соустья. Назоинтестинальный зонд вне тела пациента отделялся от орогастрального зонда. Через нижний носовой ход в глотку проводился мочевого катетер (катетер бронхоаспиратора). С помощью пинцета извлекался конец катетера из глотки наружу. Выведенный через рот конец катетера соединялся с концом назоинтестинального зонда. Катетер из носового хода извлекался, позиционируя при этом назоинтестинальный зонд назоинтестинально. Для фиксации назоинтестинальный зонд обрезался по уровню ноздри и в его просвет вводилась пластиковая переходная канюля подходящего диаметра. На уровне канюли назоинтестинальный зонд фиксировался к носовой перегородке лигатурой. Правильность установки назоинтестинального зонда проверялась пальпаторно, визуально и с помощью пробного введения физиологического раствора хлорида натрия. Введение 20 мл физраствора должно производиться с минимальным усилием без ощущения препятствия.

Пример 2.

Больной М. 63 года поступил в хирургическое отделение Университетской клинической больницы № 1 имени С.Р. Миротворцева с жалобами на ноющую боль в эпигастральной области сразу после еды, расстройство стула, недомогание, слабость. У пациента многолетний язвенный анамнез, он неоднократно находился на лечении в терапевтических отделениях, таких как

гастроэнтерология, и в последние несколько месяцев пациента беспокоила ноющая боль и несколько эпизодов желудочно-кишечного кровотечения. На рентгеноскопии желудка, проведенной 13.08.2024 г. было выявлено доброкачественное образование в пилорическом отделе желудка размером 12 см. Операцию выполняли при наличии толстого орогастрального зонда, установленного в просвет желудка после интубации трахеи. Этапы операции соответствовали требованиям методики операции. После выполнения операции реконструктивный этап начинался с формирования пищеводно-кишечного или желудочно-кишечного анастомоза. При этом, после формирования задней губы анастомоза ранее установленный орогастральный зонд продвигался в каудальном направлении, под визуальным контролем заводился за анастомоз и позиционировался в отводящей кишке. Формирование анастомоза завершалось на уже проведенном орогастральном зонде, что исключает его сужение. Далее, при формировании Брауновского межкишечного соустья после формирования задней губы анастомоза орогастральный зонд продвигался еще более каудально и выводился в рану. К нему лигатурой фиксировался оральный конец силиконового назоинтестинального зонда. Орогастральный зонд извлекался из рта, при этом ретроградно за ним через ранее сформированный желудочно-кишечный анастомоз в ротовую полость выводился назоинтестинальный зонд. Ретроградное проведение назоинтестинального зонда вслед за извлечением орогастрального зонда гарантирует отсутствие травматизации желудочно-кишечного анастомоза. Каудальный фрагмент назоинтестинального зонда проводится через анастомоз и под визуальным контролем позиционировался в отводящей кишке. Заканчивалось формирование Брауновского соустья. Назоинтестинальный зонд вне тела пациента отделялся от орогастрального зонда. Через нижний носовой ход в глотку проводился мочевого катетер (катетер бронхоаспиратора). С помощью пинцета извлекался конец катетера из глотки наружу. Выведенный через рот конец катетера соединялся с концом назоинтестинального зонда. Катетер из носового хода извлекался, позиционируя при этом назоинтестинальный зонд назоинтестинально. Для фиксации назоинтестинальный зонд обрезался по уровню ноздри и в его просвет вводилась пластиковая переходная канюля подходящего диаметра. На уровне канюли назоинтестинальный зонд фиксировался к носовой перегородке лигатурой. Правильность установки назоинтестинального зонда проверялась пальпаторно, визуально и с помощью пробного введения физиологического раствора хлорида натрия. Введение 20 мл физраствора должно производиться с минимальным усилием без ощущения препятствия.

У больных после проведения операций отсутствовало раздражение носовых ходов и глоток, так как зонд не травмировал и не раздражал носовые ходы и глотки.

Заключение

Таким образом, разработанный способ атравматичной установки назоинтестинального силиконового зон-

да [5] позволяет снизить травматичность и обеспечить наименьшее количество последствий, связанных с техническими аспектами интубации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ на изобретение № 2405583, А61М25/00, опубл. 10.12.2010. Малков И.С., Шакиров М.И., Хамзин И.И., Хисамиева Л.Ф., Эминов В.Л., Халикова Г.Р., Бердников А.В. Способ установки дуоденального декомпрессионно-питательного зонда.
2. Патент РФ на изобретение № 2365386 С1, МПК А61М 25/01, опубл. 27.08.2009. Соколов М.Н. Способ Соколова введения назогастрального зонда.
3. Патент РФ на изобретение № 2219847, МПК А61В17/00, опубл. 27.12.2003. Абдулжалилов М.К. Способ назоинтестинальной интубации.
4. Нечаев Э.А. Синдром длительного сдавления. Руководство для врачей. М.: Медицина, 1993; 207 с.
5. Заявка на патент РФ на изобретение № 2024136032 от 02.12.2024. Идрисов Р.И., Капралов С.В., Полиданов М.А., Симакова М.А., Кашихин А.А., Петрунькин Р.П., Волков К.А. Способ атравматичной установки назоинтестинального силиконового зонда.

© Идрисов Рейзудин Имамудинович (sergejkapralov@yandex.ru); Капралов Сергей Владимирович (sergejkapralov@yandex.ru);
Полиданов Максим Андреевич (maksim.polidanoff@yandex.ru); Смолькина Антонина Васильевна (smolant1@yandex.ru);
Данилов Андрей Дмитриевич (maksim.polidanoff@yandex.ru); Масляков Владимир Владимирович (maslyakov@inbox.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ХИРУРГИЧЕСКОМУ ЛЕЧЕНИЮ ПЕРЕЛОМОВ ПРОКСИМАЛЬНОГО МЕТАЭПИФИЗА ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

DIFFERENTIATED APPROACH TO SURGICAL TREATMENT OF FRACTURES OF THE PROXIMAL METAEPHYSIS OF THE HUMERUS (LITERATURE REVIEW)

**G. Kesyan
G. Karapetyan
A. Shuyskiy**

Summary. The paper describes the main methods of surgical treatment of fractures of the proximal humerus, as well as a differentiated approach to their implementation. The domestic and foreign literature sources on the topic of the studied issue are analyzed, the main criteria for deciding on osteosynthesis and arthroplasty of the shoulder joint are highlighted. Bone density, measured by Hounsfield on computed tomography, is a predictor of osteosynthesis results in surgery of the proximal humerus. It is recommended to use this diagnostic tool as an objective criterion when choosing tactics for the treatment of fractures of the humerus. From a practical point of view, this study can help in the formation of the correct tactics for the treatment of injuries, without resorting to multi-stage surgical treatment of patients with complications of unreasonably performed osteosynthesis of the proximal humerus.

Keywords: shoulder joint, proximal humerus, osteosynthesis, reverse arthroplasty, osteoporosis.

Кесян Гурген Абаенович

доктор медицинских наук, заведующий отделением ортопедии взрослых, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова»
kesyan.gurgen@yandex.ru

Карапетян Григорий Сергеевич

кандидат медицинских наук, врач травматолог-ортопед отделения ортопедии взрослых, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова»
dr.karapetian@mail.ru

Шуйский Артём Анатольевич

кандидат медицинских наук, врач травматолог-ортопед, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова»
shuj-artiom@mail.ru

Аннотация. В работе изложены основные методы хирургического лечения переломов проксимального отдела плечевой кости, а также дифференцированный подход к их выполнению. Проанализированы отечественные и зарубежные литературные источники по теме изучаемого вопроса, выделены основные критерии для принятия решения об остеосинтезе и артропластике плечевого сустава. В частности, плотность костной ткани, измеряемая по Хаунсфилду на компьютерной томографии, является предиктором результатов остеосинтеза в хирургии проксимального отдела плечевой кости. Данный диагностический инструмент рекомендовано использовать в качестве объективного критерия при выборе тактики лечения переломов плечевой кости. Настоящее исследование с практической точки зрения может помочь в формировании правильной тактики лечения травм, не прибегая к многоэтапному оперативному лечению пациентов с осложнениями необоснованно выполненного остеосинтеза проксимального отдела плечевой кости.

Ключевые слова: плечевой сустав, проксимальный отдел плечевой кости, остеосинтез, реверсивное эндопротезирование, остеопороз.

Введение

Переломы проксимального отдела плечевой кости являются наиболее частыми травмами у пациентов как молодого и среднего возраста, так и пациентов старших возрастных групп, и по частоте составляют от 5 до 15 % всей скелетной травмы [1]. Существует множество методик консервативного лечения данных переломов, методов остеосинтеза плечевой кости, а также эндопротезирования плечевого сустава.

Консервативное лечение как правило применяется в случаях, когда смещение отломков отсутствует либо оно допустимое. Также, консервативное и реабилитационное лечение может применяться в случаях неперспективных для реконструктивных операций переломов

в попытках избежать эндопротезирования плечевого сустава.

Проанализированы отечественные и зарубежные литературные источники по теме изучаемого вопроса, выделены основные критерии для принятия решения об остеосинтезе и артропластике плечевого сустава. Анализ научных публикаций выполнен с использованием базы данных Национального центра биотехнологической информации (NCBI) PubMed, а также базы данных «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ). Обработка данных выполнялась из источников, опубликованных преимущественно за последние 6 лет.

Согласно анализу отдельных взятых отечественных и зарубежных научных публикаций не прослеживается

единой тактики, алгоритма, чётких показаний для проведения остеосинтеза и эндопротезирования плечевого сустава при переломах плечевой кости [1, 2, 3]. Как зачастую прослеживается, в клинической практике и в части литературных источников, некоторые травматологи-ортопеды решают о тактике лечения, опираясь на такой критерий, как возраст пациента, тип полученного перелома [3].

На основании собственного клинического опыта и по данным изученной литературы, объективными диагностическими критериями для оценки перспективы результатов остеосинтеза являются:

- Тип перелома по травматологическим классификациям (АО/ОТА, Neer и др.) [1];
- Качество костной ткани в зоне вмешательства (объективным количественным критерием является изменение в единицах Хаунсфилда [4, 5];
- Целостность и функциональное состояние ротаторной манжеты плечевого сустава [4].

Тип перелома

Классификация АО/ОТА наиболее удобная в клинической практике по нескольким причинам [6]:

1. Стандартизация: Классификация АО/ОТА обеспечивает стандартизацию типов переломов и унификацию терминологии, используемой при описании различных типов переломов и травм.
2. Комплексность: Классификация АО/ОТА учитывает различные аспекты травм и переломов, включая их локализацию, тип и другие параметры. Это позволяет более полно и точно описывать травматические повреждения и разрабатывать соответствующие стратегии лечения.
3. Применимость к различным областям: Классификация АО/ОТА применима к широкому спектру повреждений сегментов конечностей и суставов.

Качество костной ткани

В травматологии единицы Хаунсфилда могут быть использованы для оценки состояния костной ткани и оценки перспектив к остеосинтезу переломов [7, 8]. Числовые показатели единиц Хаунсфилда, при которых остеосинтез может считаться неперспективным, могут варьироваться в зависимости от типа и локализации перелома, характеристик костной ткани и других факторов. По данным клинического опыта и данных литературных источников, если значения единиц Хаунсфилда показывают крайне низкую плотность кости, это может приводить к техническим сложностям при остеосинтезе или привести к его неблагоприятным исходам [8, 9]. В таких случаях может потребоваться пересмотр хирургической тактики. В исследовании, проведённом Earp B.E., Kallini J.R., Collins J.E. и соавторами, пациенты с величи-

ной единиц Хаунсфилда проксимального отдела плечевой кости менее 93,1 имели аномальную плотность костной ткани, а пациенты со средними значениями 61 и менее — остеопороз [10].

При переломах, неперспективных для реконструктивных вмешательств, при необоснованном применении методик остеосинтеза, возрастают риски асептического некроза головки плечевой кости на фоне гиповаскулярных изменений, а также риски несращения отломков [11].

Состояние ротаторной манжеты плечевого сустава

Аспект целостности сухожилия надостной мышцы крайне важен при лечении травм плечевого сустава и их последствий. При несостоятельности анатомии и функции надостной мышцы при травмах плечевого сустава даже при полностью выполненной репозиции и стабильном остеосинтезе костных повреждений, функция плечевого сустава может выражено страдать, высока вероятность развития посттравматической артропатии (так называемая в литературных источниках «rotator cuff arthropathy»). Вариантом лечения данной патологии при отсутствии возможности реконструкции сухожилия надостной мышцы и выраженном остеоартрозе плечевого сустава является реверсивное эндопротезирование плечевого сустава. Исторически, реверсивное эндопротезирование плечевого сустава применялось для лечения пациентов с инкурабельными разрывами надостной мышцы, однако учитывая определённые преимущества и эффективность данной методики, показания к реверсивной артропластике со временем расширились [4].

С учётом вышеизложенных особенностей необходимо дифференцированно подходить к методикам оперативного лечения повреждений плечевого сустава, учитывая не только костные структуры, но и принимая во внимание состояние сухожильно-мышечного аппарата.

Методы хирургического лечения

Диапазон показателей единиц Хаунсфилда, при которых остеосинтез считается перспективным, может варьироваться в зависимости от многих факторов, включая тип перелома, его локализацию. Однако в целом, оптимальные значения единиц Хаунсфилда, свидетельствующие о нормальной плотности кости, предпочтительны для успешного проведения остеосинтеза. Однако следует отметить, что даже если показатели единиц Хаунсфилда находятся в оптимальном диапазоне, другие факторы также должны быть учтены при оценке перспективы остеосинтеза, такие как тип перелома, соматическое состояние пациента, исходная выраженность остеоартроза плечевого сустава и состояние сухожильно-мышечного аппарата плечевого сустава.

При удовлетворительном (> 65 в единицах Хаунсфилда) качестве костной ткани и функциональных перспективах остеосинтеза, на современном этапе развития травматологии выполняются следующие оперативные вмешательства [12]:

- 1) При переломах типа 11A2.1, 11A2.2, 11A2.3, 11A3, 11B1.1, 11B1.2 выполняется репозиция перелома с накостным остеосинтезом (рис. 1).
- 2) Так же, при переломах типа 11A2.1, переломах типа 11A2.2 без выраженного смещения возможна закрытая репозиция с интрамедуллярным остеосинтезом (рис. 2).
- 3) При положительных перспективах накостного остеосинтеза производится фиксация пластинами переломов типа 11C3.1, 11C3.2, 11C3.3 (рис. 3).
- 4) При вышеописанных оскольчатых 3-х и 4-фрагментарных переломах при вероятной малой перспективе состоятельности накостного остеосинтеза рекомендовано применение таких имплантов для реконструкции суставной поверхности плечевой кости, как Just UNIC [13] (рис. 4):

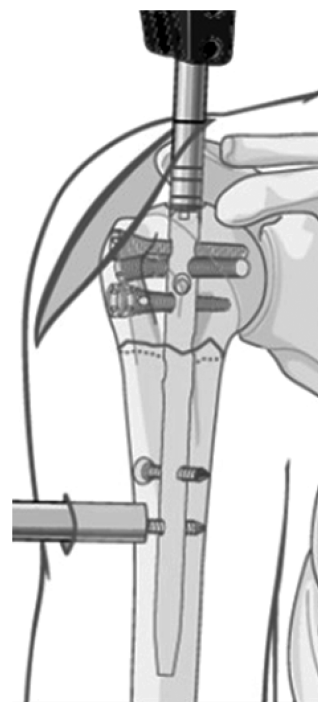


Рис. 2. Интрамедуллярный остеосинтез при переломах типа 11A2.1, 11A2.2

Уникальность данных систем для остеосинтеза заключается в их модульности. Так, при несостоятельности остеосинтеза либо в случае асептического некроза го-

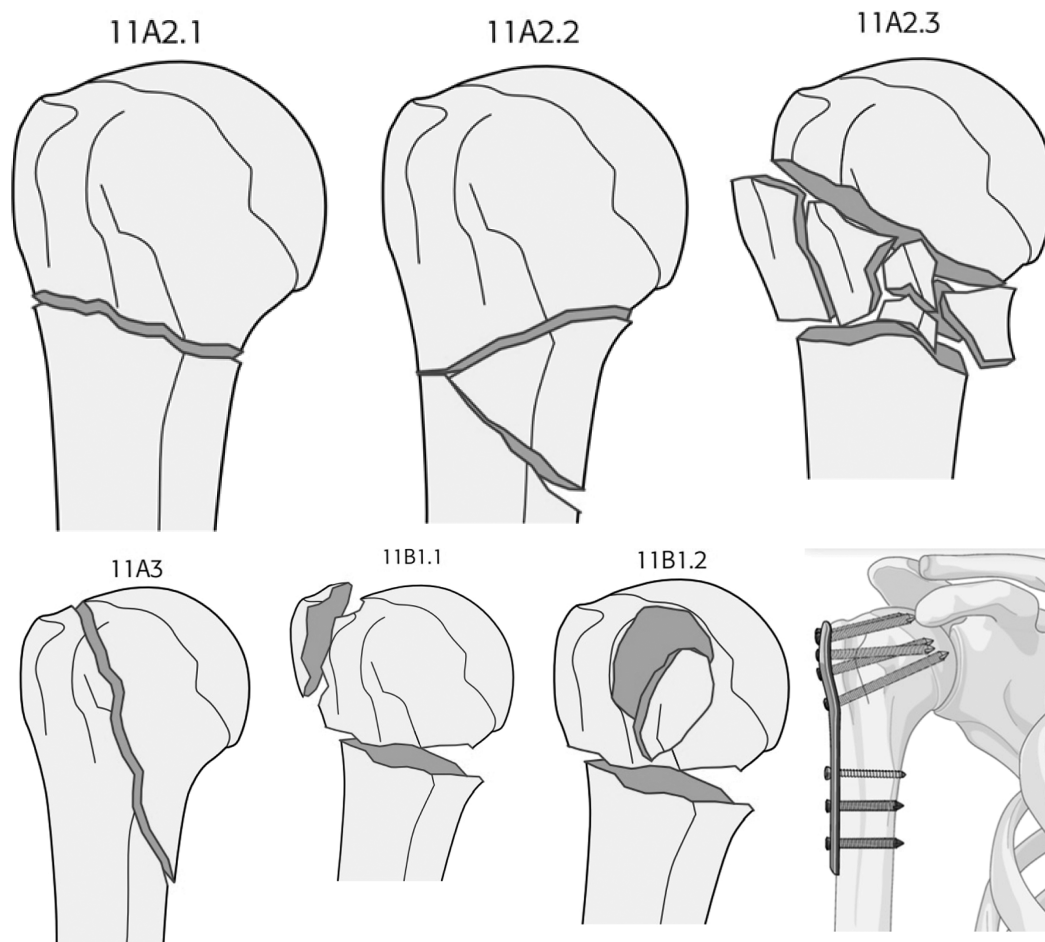


Рис. 1. Накостный остеосинтез при переломах типа 11A2.1, 11A2.2, 11A2.3, 11A3, 11B1.1, 11B1.2

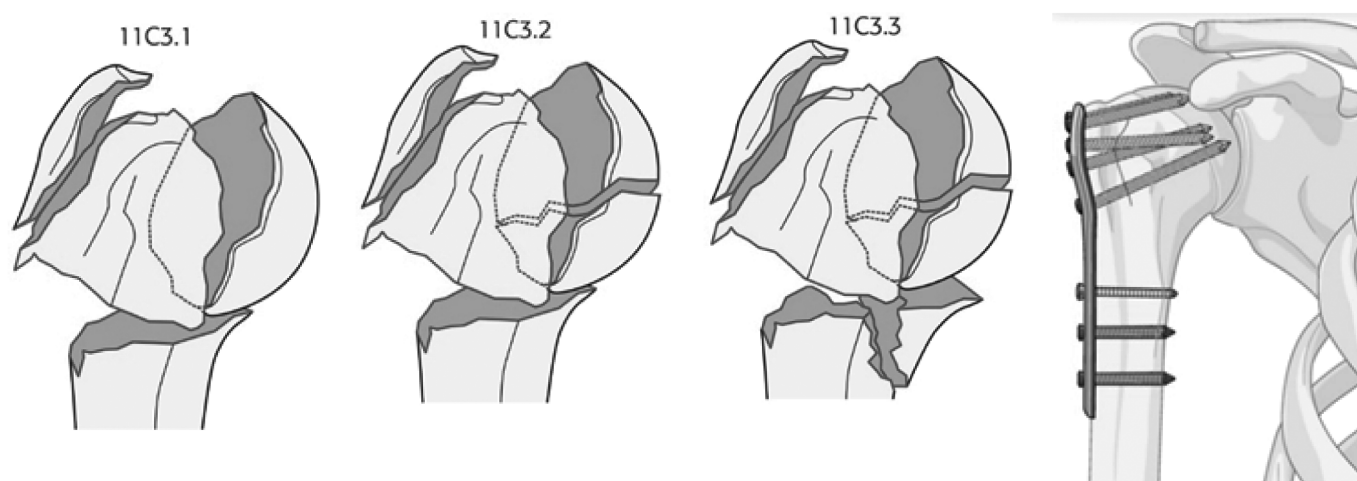


Рис. 3. Накостный остеосинтез при переломах типа 11C3.1, 11C3.2, 11C3.3



Рис. 4. Остеосинтез устройством Just UNIC



Рис. 5. Эндопротезирование головки плечевой кости при несостоятельности остеосинтеза системой Just UNIC

ловки плечевой кости, возможно проведение удаления отломков с заменой фиксирующего элемента на эндопротез головки плечевой кости [14] (рис. 5).

- 5) Так же при переломах типа 11A2.1, 11B1.1, 11B1.2 применяется разработанная в ФГБУ НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова методика остеосинтеза гамма-спицами [15] (рис. 6):

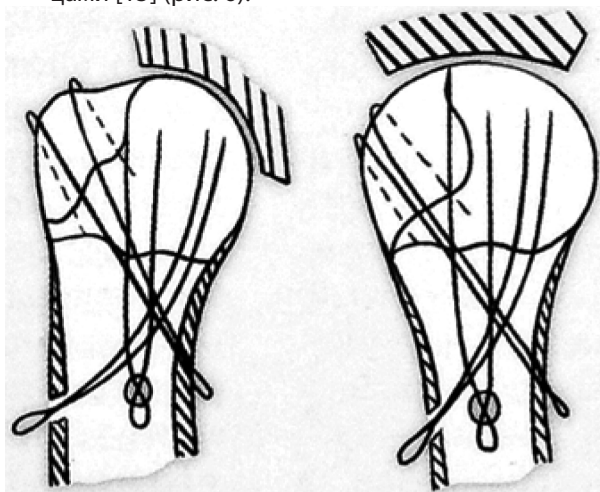


Рис. 6. Остеосинтез гамма-спицами

При неперспективном для остеосинтеза состоянии костной ткани (<65 в единицах Хаунсфилда), влекущей за собой риски асептического некроза, несращения отломков и некоторых типах переломах используются методики артропластики:

- 1) При переломах анатомической шейки плечевой кости типа 11C1.1, 11C1.3 применяются методики замены суставной поверхности головки плечевой кости, так называемый «resurfacing» [16] (рис. 7).

11C1.3

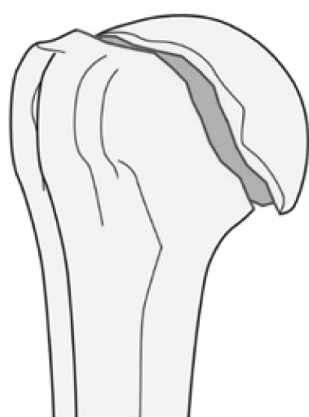


Рис. 7. Эндопротезирование суставной поверхности головки плечевой кости

- 2) При неперспективных для остеосинтеза переломах типов 11A2.1, 11A2.2, 11A2.3, 11A3, 11B1.1, 11B1.2, 11C3.1, 11C3.2, 11C3.3 рекомендовано выполнение артропластики плечевого сустава [4].

Показания к гемизендопротезированию плечевого сустава весьма ограничены. Обязательным условием для проведения функционально перспективного анатомического эндопротезирования плечевого сустава является целостность и функциональная состоятельность надостной мышцы. Выполнение анатомического эндопротезирования перспективно у пациентов с интактными сухожилиями и мышцами ротаторной манжеты, отсутствием нарушения функции дельтовидной мышцы, целостностью суставной поверхности лопатки [4].

В части клинических случаев гемизендопротезы плечевого сустава уступают реверсивной артропластике по ряду признаков.

Использование реверсивных эндопротезов становится предпочтительным по нескольким причинам [4, 17]:

- Реверсивные эндопротезы изменяют стандартное анатомическое строение сустава, увеличивая стабильность сустава и уменьшая вероятность вывихов эндопротеза;
- Реверсивные эндопротезы используются при несостоятельности и повреждении сухожилий ротаторной манжеты;
- Реверсивные эндопротезы могут обеспечивать больший диапазон движения в сравнении с анатомическими эндопротезами. Это важно для восстановления функции плечевого сустава и улучшения качества жизни пациента после операции.
- Реверсивные эндопротезы могут быть более подходящими для пациентов пожилого возраста ввиду функциональных особенностей плечевого сустава и дельтовидной мышцы у данной группы пациентов.

Принимая во внимание необходимость оценки состояния сухожилия надостной мышцы при лечении свежих и застарелых переломах плечевой кости, рекомендовано выполнение МРТ либо УЗИ плечевого сустава. Однозначная несостоятельность и неперспективность реконструкции (шва либо пластики) сухожилия надостной мышцы вкпе со взаимопотенцирующими факторами, которые были изложены выше, диктует показания к выполнению реверсивного эндопротезирования плечевого сустава.

В спорных и неоднозначных случаях (касаемо и состояния сухожилий, и костной ткани) рекомендовано выполнение остеосинтеза плечевой кости с технической готовностью выполнения эндопротезирования при интраоперационно выявленной неперспективности суставсохраняющей операции.

В ФГБУ НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова производилось изучение результатов лечения 50 пациентов с переломами проксимального метаэпифиза плечевой кости для

разработки дифференциального подхода к оперативному лечению, который основывался бы на величинах костной плотности по Хаунсфилду.

Всем пациентам независимо от возраста, пола и типа полученного перелома выполнялась мультиспиральная компьютерная томография плечевого сустава. Расчёт единиц Хаунсфилда участков плечевой кости производился следующим образом. Во фронтальной, сагитальной и аксиальной плоскостях производилось выделение участков костной ткани отломков головки плечевой кости. Выполнялся расчёт средней костной плотности в единицах Хаунсфилда для выделенных участков следующим образом (рис. 8).

Прогностически, при показателях единиц Хаунсфилда ниже 65, что соответствует значимому снижению костной плотности отломков и регионарному/системному остеопорозу, остеосинтез может быть неперспективен, повышены риски нестабильности металлоконструкции, вторичного смещения отломков, несращения зоны перелома.

Так, при удовлетворительных показателях плотности костной ткани применялись методики остеосинтеза переломов плечевой кости (25 пациентов) (рис. 9).

Пациентам с неперспективными для реконструкции переломами производилось реверсивное эндопротезирование плечевого сустава (25 пациентов) (рис. 10).

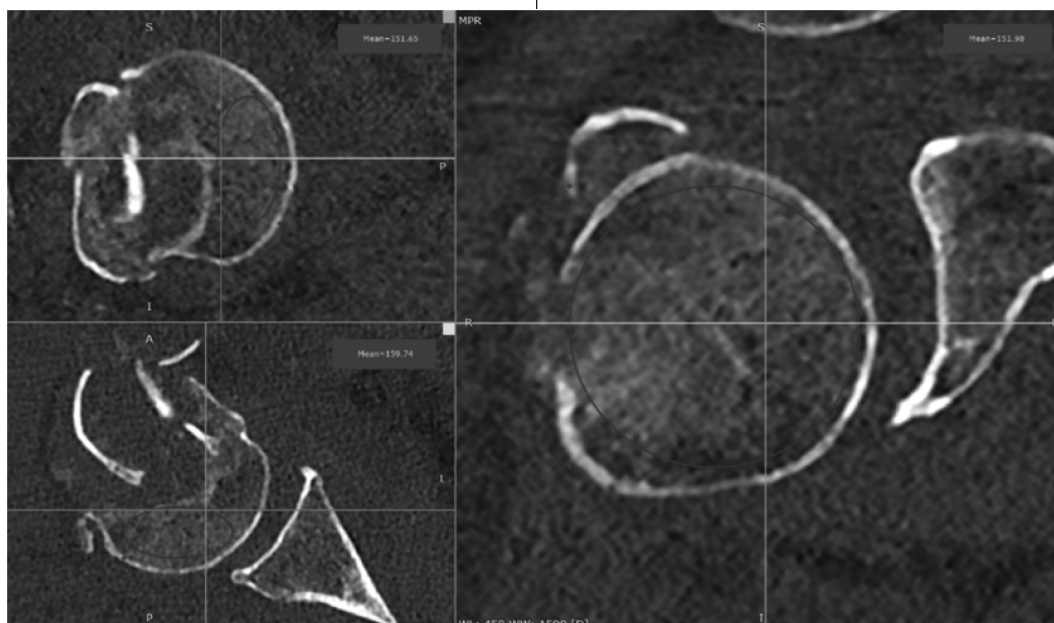


Рис. 8. Расчёт единиц Хаунсфилда отломка плечевой кости по данным КТ

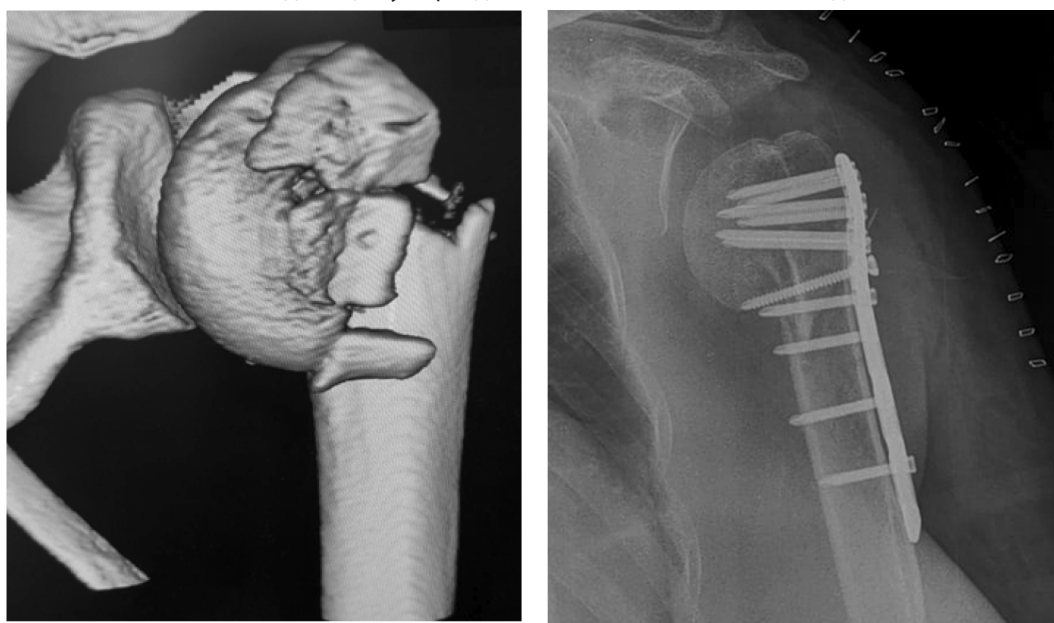


Рис. 9. Накостный остеосинтез пациентки в группе с нормальной костной плотностью

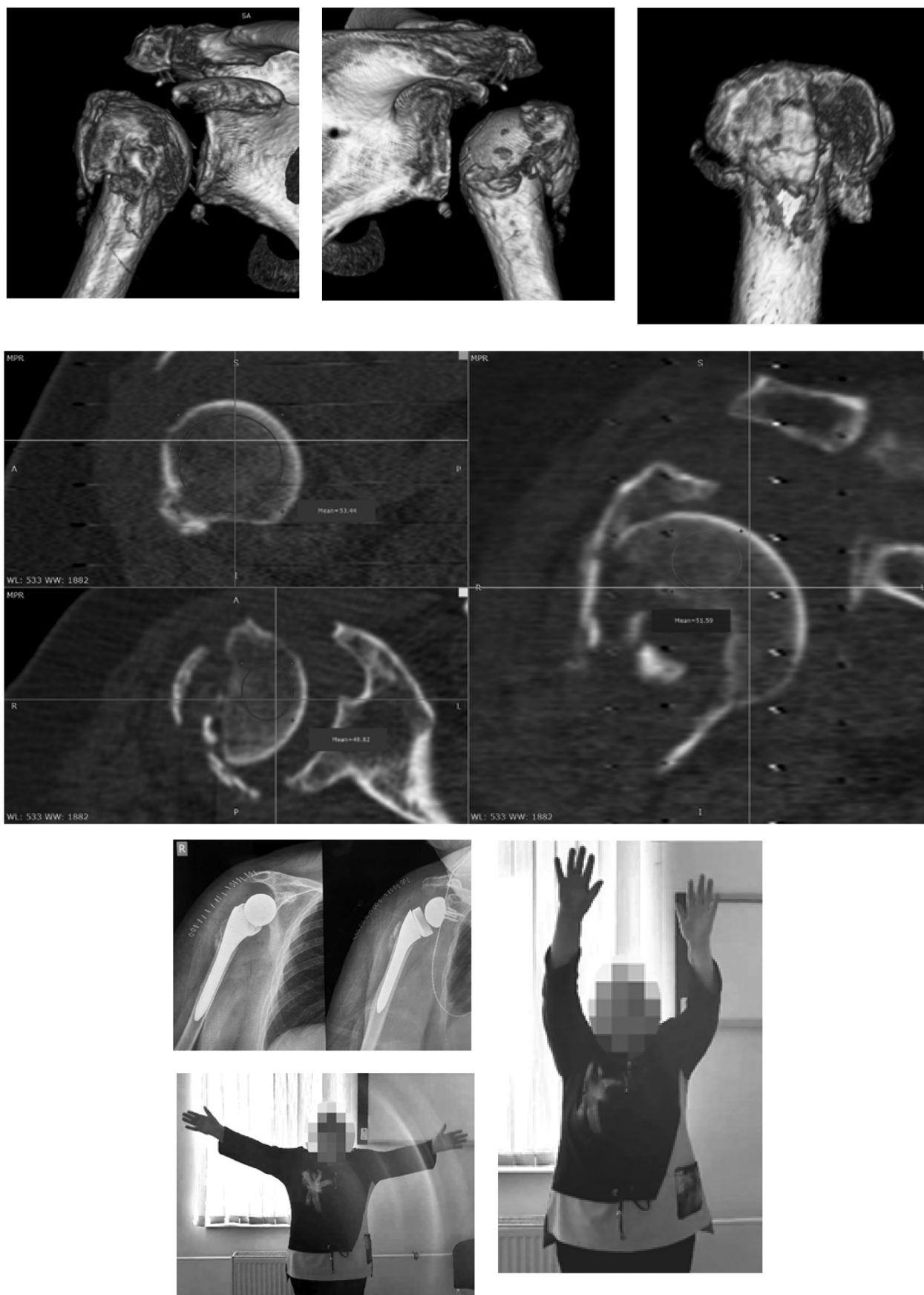


Рис. 10. КТ плечевого сустава с расчётом единиц Хаунсфилда отломка плечевой кости (средние значения 48.82–53.44), послеоперационные рентгенограммы и функциональный результат у пациентки в группе с пониженной костной плотностью

Так же рассмотрены неудовлетворительные отдаленные результаты остеосинтеза переломов проксимального отдела плечевой кости у 25 пациентов, обращавшихся в ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова». Ввиду неудовлетворительных результатов лечения пациенты нуждались в выполнении повторных оперативных вмешательств (эндопротезировании плечевого сустава). У 3 пациентов выявлено несращение отломков при их удовлетворительной фиксации, 22 пациентов страдали посттравматическим асептическим некрозом головки плечевой кости. (рис. 11).

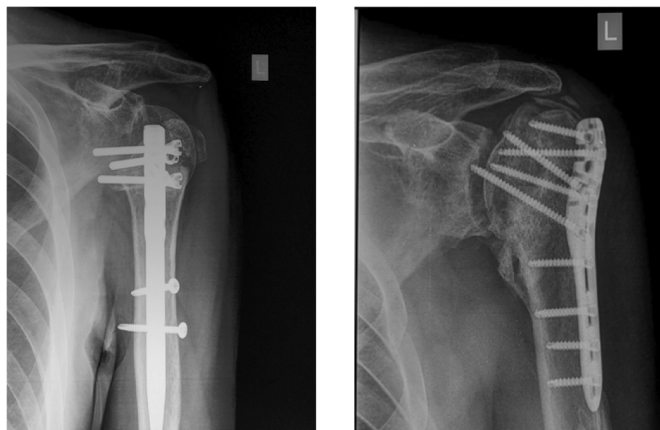


Рис. 11. Посттравматический асептический некроз головки плечевой кости у пациентов группы ретроспективного наблюдения

Произведён анализ результатов компьютерных томограмм данных пациентов, выполненных до проведения операции остеосинтеза. По результатам КТ, у 92 % оперированных пациентов наблюдалось выраженное снижение качества костной ткани, что могло являться предиктором неблагоприятных результатов остеосинтеза (рис. 12).

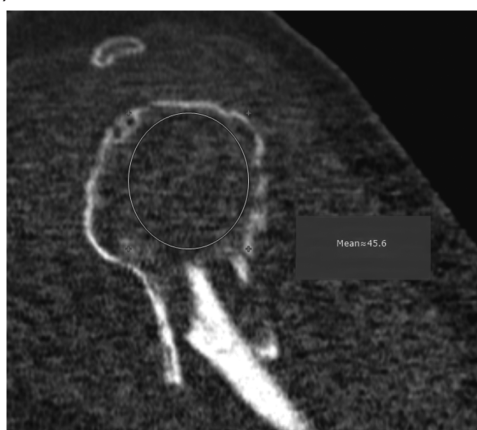


Рис. 12. Расчёт плотности костной ткани отломка плечевой кости (среднее значение единиц Хаунсфилда — 45,6) пациента ретроспективной группы наблюдения

По результатам наблюдения результатов лечения группы пациентов проспективного наблюдения, таких

неблагоприятных исходов остеосинтеза, как несращение отломков и их асептического некроза не наблюдалось. У 4 пациентов отмечено развитие посттравматического артроза плечевого сустава ввиду внутрисуставного характера перелома. Гнойно-воспалительных осложнений не было. Достигнута консолидация переломов у всех оперированных пациентов.

Обсуждение

Влияние плотности костной ткани на результаты оперативного лечения переломов проксимального отдела плечевой кости является актуальным вопросом в травматологии и ортопедии.

Новейшие исследования на эту тему не только подтверждают уже известные факты, но и расширяют наше понимание о взаимосвязи между структурными особенностями кости и результатами лечения. Плотность костной ткани имеет критическое значение для успешных результатов оперативного лечения переломов проксимального отдела плечевой кости. Это вполне логично, учитывая, что плотность кости напрямую влияет на стабильность исходного остеосинтеза и перспективы отломков к консолидации.

Сниженная плотность костной ткани представляет значительный фактор риска несращения переломов. Также, асептический некроз головки плечевой кости, являющийся серьезным осложнением, может развиваться даже после полностью анатомичной репозиции перелома и достижения первичного сращения отломков. Эти риски необходимо учитывать при разработке эффективных стратегий оперативного лечения.

Заключение

Плотность костной ткани, измеряемая по Хаунсфилду на компьютерной томографии, является предиктором результатов остеосинтеза в хирургии проксимального отдела плечевой кости. На основании выполненного исследования данный диагностический инструмент рекомендовано использовать в качестве объективного критерия при выборе тактики лечения переломов плечевой кости. Немаловажную роль при реконструктивных вмешательствах имеет состояние мягких тканей, в частности ротаторной манжеты, которую необходимо восстанавливать при повреждениях. Исследование с практической точки зрения может помочь в формировании правильной тактики лечения травм, не прибегая к многоэтапному оперативному лечению пациентов с осложнениями необоснованно выполненного остеосинтеза проксимального отдела плечевой кости.

Конфликт интересов.

Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прохоренко В.М., Афанасьев Ю.А. Хирургическое лечение внутрисуставных переломов проксимального отдела плечевой кости. *Acta Biomedica Scientifica*. 2023;8(5):192–202. <https://doi.org/10.29413/ABS.2023-8.5.21>.
2. Костив Р.Е., Костив Е.П., Шулепин И.В., Костива Е.Е. Хирургическое лечение пациентов с полифокальными переломами проксимального отдела плечевой кости на фоне остеопороза. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2022;(2):82–85. <https://doi.org/10.34215/1609-1175-2022-2-82-85>.
3. Cooke H.L., Gabig A.M., Karzon A.L., Hussain Z.B., Ojemakinde A.A., Wagner E.R., Gottschalk M.B. The surgical treatment of proximal humerus fractures 2010–2019: United States national case volume and incidence trends. *JSES Rev Rep Tech*. 2023 Mar 31;4(2):146–152. doi: 10.1016/j.xrrt.2023.02.009. PMID: 38706683; PMCID: PMC11065663.
4. Кесян Г.А., Карапетян Г.С., Шуйский А.А. Реверсивное эндопротезирование плечевого сустава: от простого к сложному. М.: Мегapolis; 2023 г. 104 стр. ISBN 978-5-6046735-4-6
5. Кесян Г.А., Карапетян Г.С., Шуйский А.А., Уразгильдеев Р.З., Арсеньев И.Г., Кесян О.Г. Диагностика и методы решения снижения минеральной плотности костной ткани и деформаций суставной впадины лопатки при реверсивной артропластике плечевого сустава. *Acta Biomedica Scientifica*. 2022;7(1):154–160. <https://doi.org/10.29413/ABS.2022-7.1.18>
6. Meinberg E.G., Agel J., Roberts C.S., Karam M.D., Kellam J.F. Fracture and Dislocation Classification Compendium-2018. *J Orthop Trauma*. 2018 Jan;32 Suppl 1: S1–S170. doi: 10.1097/BOT.0000000000001063. PMID: 29256945.
7. Liu G., Li L., Yang C., Wei L., Li T., Zhu L., Hu J. Hounsfield units predicts the occurrence but not the patterns of proximal humerus fracture in the elderly patients. *BMC Musculoskelet Disord*. 2023 May 3;24(1):342. doi: 10.1186/s12891-023-06442-6. PMID: 37131243; PMCID: PMC10155427.
8. Lund Erik A. MDa; Samtani, Rahul MDb; Winston, Mark MDc; Anderson, Paul A. MDb; Whiting, Paul S. MDb; O'Toole, Robert V. MDd; Hetzel, Scott MSe; Doro, Christopher J. MDb. Association of Perioperative Computed Tomography Hounsfield Units and Failure of Femoral Neck Fracture Fixation. *Journal of Orthopaedic Trauma* 34(12): p. 632–638, December 2020. | DOI: 10.1097/BOT.0000000000001843
9. Kim H., Lee W., Choi S., Kholinne E., Lee E., Alzahrani W.M., Koh K.H., Jeon I.H., Kim S. Role of Additional Inferomedial Supporting Screws in Osteoporotic 3-Part Proximal Humerus Fracture: Finite Element Analysis. *Geriatr Orthop Surg Rehabil*. 2020 Nov 4; 11:2151459320956958. doi: 10.1177/2151459320956958. PMID: 33224551; PMCID: PMC7649924.
10. Earp, Brandon E. MDa,b; Kallini, Jennifer R. BSa,b; Collins, Jamie E. PhDa,b; Benavent, Kyra A. BSa; Tintle, Scott M. MDc; Rozental, Tamara D. MDd,d. Correlation of Hounsfield Unit Measurements on Computed Tomography of the Shoulder With Dual-Energy X-ray Absorptiometry Scans and Fracture Risk Assessment Tool Scores: A Potential for Opportunistic Screening. *Journal of Orthopaedic Trauma* 35(7): p 384–390, July 2021. | DOI: 10.1097/BOT.0000000000001994.
11. Lungren, Matthew P., Michael R.B. Evans, Gazi Huri, Filippo Familiari, Young Lae Moon, and Mahmut N Doral. «Shoulder Arthroplasty: The Shoulder Club Guide». *Shoulder Arthroplasty* (2020): n. pag. 210.
12. Ruedi T.P., Buckley R.E., Moran C.G. AO principles of fracture management. — New York: Thieme, 2007. — 947 p.
13. Bismuth Y., Cambon-Binder A., Sautet A., Doursounian L., Gregory T., Bastard C. Comparison of «Bilboquet» device and locking plate for surgical treatment of proximal humerus complex fractures at two years follow-up. *Int Orthop*. 2021 Jul;45(7):1811–1816. doi: 10.1007/s00264-021-04967-w. Epub 2021 Feb 24. PMID: 33629174.
14. Doursounian L., Kilinc A., Cherrier B., Nourissat G. Complex proximal humeral fractures: a prospective study of 22 cases treated using the «Bilboquet» device. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2011 Feb;97(1):58–66. doi: 10.1016/j.otsr.2010.06.015. Epub 2010 Dec 8. PMID: 21145303.
15. Лазарев А.Ф., Солод Э.И. Остеосинтез при переломах шейки плечевой кости у больных пожилого возраста. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. — 2003. — Т. 10. — №3. — С. 57–61. doi: 10.17816/vto200310357-61
16. Buch B., Vall M., Consigliere P., Guillén J.A., Cruz E., Natera L. Short Stems and Stemless Shoulder Arthroplasty: Current Concepts Review. *Arch Bone Jt Surg*. 2022 Aug;10(8):633–647. doi: 10.22038/ABJS.2021.53555.2664. PMID: 36258746; PMCID: PMC9569137.
17. Кесян Г.А., Уразгильдеев Р.З., Карапетян Г.С. и др. Реверсивное эндопротезирование плечевого сустава в сложных клинических случаях. *Вестник Смоленской государственной медицинской академии*. — 2019. — Т. 18, № 4. — С. 111–120. — EDN YKPBHV.

© Кесян Гурген Абавенович (kesyan.gurgen@yandex.ru); Карапетян Григорий Сергеевич (dr.karapetian@mail.ru);
Шуйский Артём Анатольевич (shuj-artym@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА МИКРОФЛОРЫ ВЕРХНЕЧЕЛЮСТНОГО СИНУСА ДО И ПОСЛЕ ЛЕЧЕНИЯ ОДОНТОГЕННОГО ВЕРХНЕЧЕЛЮСТНОГО СИНУСА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЗУБОСОХРАНЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

DETERMINATION OF THE NATURE OF MAXILLARY SINUS MICROFLORA BEFORE AND TREATMENT OF ODONTOGENIC MAXILLARY SINUSITIS USING TOOTH-PRESERVING TECHNOLOGIES

**S. Mammedov
R. Bersanov
M. Bersanova
B. Serdarov**

Summary. Odontogenic maxillary sinusitis (OMS) is an inflammatory disease of the maxillary sinus, resulting from the penetration of infection from foci of inflammation in the dental system. This condition is one of the most common forms of chronic rhinosinusitis and occurs in 10–12 % of patients with maxillary sinus diseases. The study included 60 patients diagnosed with odontogenic maxillary sinusitis. Before treatment, predominantly anaerobic bacteria such as *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia*, *Fusobacterium nucleatum* were detected in both groups, which confirms the odontogenic nature of the disease. After treatment, normal microbiological balance was restored in 85 % of patients in the main group, while in the control group this figure was 60 %. Pathogenic microorganisms remained in 15 % of patients in the main group, and in 40 % in the control group. Clinical dynamics showed a faster improvement in the main group: pain syndrome reduction, restoration of nasal breathing and reduction of purulent discharge occurred faster. It was concluded that the use of tooth-preserving technologies in the treatment of odontogenic sinusitis contributes to a faster restoration of normal sinus microflora, reducing the likelihood of relapses and the need for long-term antibiotic therapy. These treatment methods show higher efficiency compared to traditional methods of tooth extraction, which makes them the preferred choice in clinical practice.

Keywords: maxillary sinus, clinical symptom assessment, bacteriological analysis.

Маммедов Сердар Марсович

Аспирант, Медицинский институт
ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет
им. А.А. Кадырова»
serdar020396@gmail.com

Берсанов Руслан Увайсович

заведующий кафедрой, Медицинский институт
ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет
им. А.А. Кадырова»

Берсанова Макка Руслановна

Преподаватель, Медицинский институт
ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет
им. А.А. Кадырова»
bersanova99@bk.ru

Сердаров Бегенч Атаевич

Туркменский Государственный Университет
имени М. Гаррыева
begaserdar17@yandex.ru

Аннотация. Одонтогенный верхнечелюстной синусит (ОВС) представляет собой воспалительные заболевания верхнечелюстной пазухи, возникающая в результате проникновения инфекции из очагов воспаления в зубочелюстной системе. Это состояние является одной из наиболее распространённых форм хронического риносинусита и встречается у 10–12 % пациентов с заболеваниями верхнечелюстной пазухи. Проведено исследование были включены 60 пациентов с диагнозом «одонтогенный верхнечелюстной синусит». До лечения в обеих группах были выявлены преимущественно анаэробные бактерии, такие как *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia*, *Fusobacterium nucleatum*, что подтверждает одонтогенную природу заболевания. После лечения в основной группе у 85 % пациентов восстановился нормальный микробиологический баланс, тогда как в контрольной группе этот показатель составил 60 %. В основной группе патогенные микроорганизмы сохранились у 15 % пациентов, а в контрольной — у 40 %. Клиническая динамика показала более быстрое улучшение состояния в основной группе: снижение болевого синдрома, восстановление носового дыхания и уменьшение гнойных выделений происходили быстрее. Сделан вывод о том, что применение зубосохраняющих технологий в лечении одонтогенного синусита способствует более быстрому восстановлению нормальной микрофлоры синуса, снижая вероятность рецидивов и потребности в длительной антибиотикотерапии. Эти методы лечения показывают более высокую эффективность по сравнению с традиционными методами удаления зуба, что делает их предпочтительным выбором в клинической практике.

Ключевые слова: верхнечелюстной синус, клиническая оценка симптомов, бактериологический анализ.

Одонтогенный верхнечелюстной синусит (ОВС) представляет собой воспалительные заболевания верхнечелюстной пазухи, возникающий вследствие патологических процессов в зубочелюстной системе [1,2,3]. Важным аспектом диагностики и лечения данного заболевания является исследование микрофлоры синуса, так как она влияет на выбор антибактериальной терапии и эффективность лечения. В последние годы особое внимание уделяется зубосохраняющим технологиям, позволяющим устранить источник инфекции без радикального удаления зуба [4,5,6].

Согласно данным литературы, до 40 % случаев хронического гайморита имеют одонтогенное происхождение, что подчеркивает актуальность своевременной диагностики и выбора оптимального метода лечения [7,8,9].

Стандартное лечение ОВС включает удаление причинного зуба с санацией пазухи. Современные методы зубосохраняющих технологий, такие как резекции верхушки корня и пластики перфорации дна пазухи, позволяют устранить очаг инфекции, сохранив зуб. Важно отметить, что микрофлора верхнечелюстного синуса играет важную роль в развитии воспалительного процесса и выборе антибактериальной терапии. Исследование показывает, что при одонтогенном гайморите преобладают анаэробные бактерии, такие как *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia*, *Fusobacterium nucleatum*, а также представители факультативной формы [10,11,12].

Несмотря на высокую эффективность зубосохраняющих операций, их влияние на микробиологический баланс верхнечелюстного синуса изучено недостаточно. Остается открытым вопрос о сравнительной динамике восстановления нормальной микрофлоры после различных методов лечения ОВС с применением зубосохраняющих операций и оценить их влияние на восстановление биоценоза верхнечелюстных пазух.

Цель исследования — определить состав микрофлоры верхнечелюстного синуса до и после лечения одонтогенного верхнечелюстного синуса с применением зубосохраняющих технологий и оценить их влияние на восстановление нормального биоценоза полости синуса.

Исследование было проведено на базе стоматологической клиники «Берс». В него было включено 60 пациентов с подтвержденным диагнозом одонтогенного верхнечелюстного синусита. Они были разделены на две группы:

Основная группа (n=30): пациенты, которым проводились зубосохраняющие операции (эндодонтические вмешательства, резекции верхушки корня, пластика перфорации дна синуса).

Контрольная группа (n=30): пациенты, которым было проведено традиционное удаление причинного зуба с последующей санацией пазухи.

Методами исследования послужили:

1. Бактериологический анализ содержимого верхнечелюстного синуса до и после лечения.
2. Посев отделяемого на питательные среды с идентификацией возбудителей.
3. Определение антибиотикочувствительности микроорганизмов.
4. Клиническая оценка динамики симптомов и состояние пациентов.

Посев отделяемого из верхнечелюстного синуса на питательные среды является ключевым этапом диагностики одонтогенного верхнечелюстного синусита. Этот метод позволяет не только выявить возбудителей инфекции, но и определить их чувствительность к антибиотикам.

Отделяемое из верхнечелюстного синуса забирали с помощью пункции или аспирации через естественное соустье.

Забор проводился стерильными инструментами, исключая контаминацию микрофлорой полости рта.

Пробы немедленно транспортировались в лабораторию в анаэробных и аэробных транспортных средах.

Материалы засеивали на следующие селективные и универсальные среды для выделения различных групп микроорганизмов (табл. 1).

Таблица 1.

Посев на питательной среде

Питательная среда	Назначение
Кровяной агар	Выявление стрептококков, стафилококков, энтерококков
Шоколадный агар	Выявление <i>Haemophilus</i> spp.
Среда Сабуро	Выращивание грибов рода <i>Candida</i>
Желточно-солевой агар	Выявление <i>Staphylococcus aureus</i>
Среда Эндо	Выделение грамотрицательных бактерий (<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Enterobacteriaceae</i>)
Тиогликолевый бульон	Выявление анаэробной микрофлоры
Среда Вильсона-Блера	Выделение <i>Clostridium</i> spp.

После инкубации в аэробных (37°C, 24–48 часов) и анаэробных (37°C, 48–72 часа) условиях проводилась идентификация бактерий:

Морфология колоний (форма, цвет, прозрачность)

Грам-окраска для определения грамположительных и грамотрицательных бактерий.

Биохимические тесты (каталазная, оксидазная активность).

Анализ чувствительности к антибиотикам методом диск-диффузии и определения минимальной ингибирующей концентрации (МИК).

До начала терапии в обеих группах были выявлены следующие микроорганизмы:

Таблица 2.

Бактериологический состав микрофлоры до лечения

Бактериальный агент	Частота встречаемости (%)
<i>Porphyromonas gingivalis</i>	35
<i>Prevotella intermedia</i>	30
<i>Fusobacterium nucleatum</i>	25
<i>Streptococcus spp.</i>	40
<i>Staphylococcus aureus</i>	20
<i>Enterococcus faecalis</i>	15
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	8

Наиболее часто встречались анаэробные бактерии (*Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia*, *Fusobacterium nucleatum*), что подтверждает одонтогенное происхождение инфекции.

После терапии отмечена значительная редукция патогенных микроорганизмов, особенно в основной группе (табл. 3).

Таблица 3.

Изменение микрофлоры после лечения

Группа пациентов	Полное восстановление микрофлоры (нормофлора) %	Сохранение патогенной флоры (%)
Основная группа (зубосохраняющее лечение)	85	15
Контрольная группа (удаление зуба)	60	40

Таким образом, в основной группе у 85 % пациентов восстановился нормальный биоценоз, тогда как в контрольной группе у 40 % сохранялись патогенные бактерии, требующие дополнительной антибиотикотерапии.

График наглядно показывает, что после зубосохраняющего лечения нормальная микрофлора восстанавливается у 85 % пациентов, тогда как после удаления зуба этот показатель ниже 60 %. В то же время патогенные микроорганизмы сохраняются у 40 % пациентов в контрольной группе, что может потребовать дополнительной терапии.

Для оценки эффективности лечения одонтогенного верхнечелюстного синусита с применением зубосохраняющих технологий был проведен анализ динамики симптомов у пациентов до и после терапии.

Оценка проводилась по следующим критериям:

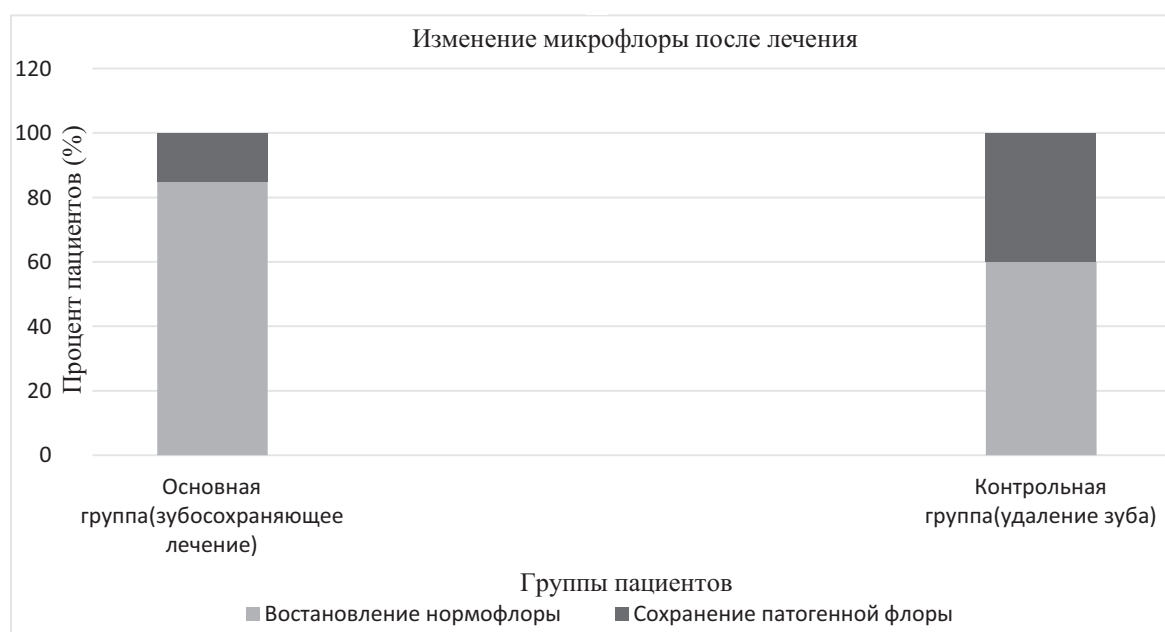


Рис. 1. График изменения микрофлоры после лечения

Интенсивность боли (по визуально-аналоговой шкале, ВАШ)

Оценка носового дыхания

Выделение из полости носа (объем, характер)

Анализ динамики симптомов в процессе лечения показал следующие результаты.

Таблица 4.

Изменение интенсивности боли (ВАШ, баллы 0–10)

День наблюдения	Основная группа	Контрольная группа
До лечения	7,5 ± 1,2	7,4 ± 1,3
Третий день	4,2 ± 1,0	5,8 ± 1,1
Седьмой день	2,1 ± 0,8	4,3 ± 1,0
Десятый день	0,8 ± 0,5	2,7 ± 0,9

В основной группе интенсивность боли снижалась быстрее, чем в контрольной.

На десятый день в основной группе болевой синдром практически отсутствовал.

Таблица 5.

Восстановление носового дыхания

Дни наблюдения	Полное восстановление носового дыхания (%)
Третий день	Основная — 40 % \ Контрольная — 25 %
Седьмой день	Основная — 75 % \ Контрольная — 50 %
Десятый день	Основная — 90 % \ Контрольная — 65 %

У пациентов основной группы носовое дыхание нормализовалась быстрее чем у пациентов контрольной группы.

Таблица 6.

Выделение из полости носа (объем, характер)

Дни наблюдения	Гнойные выделения в основной группе	Гнойные выделения в контрольной группе
До лечения	85 %	87 %
3 день	45 %	60 %
7 день	15 %	35 %
10 день	5 %	20 %

В основной группе уменьшение гнойных выделений происходило быстрее, что указывает на более эффективное устранение инфекции при зубосохраняющем лечении.

Результаты исследования подтверждают, что зубосохраняющие технологии способствуют:

1. Более быстрому восстановлению нормального микробного баланса, что снижает вероятность рецидивов.
2. Сохранению анатомической целостности пазухи, предотвращая развитие осложнений.
3. Снижению необходимости длительной антибиотикотерапии, уменьшая риск формирования устойчивых бактерий.

Анализ микрофлоры верхнечелюстного синусита до и после лечения одонтогенного синусита показал, что применение зубосохраняющих технологий обеспечивает лучший клинический и бактериологический эффект. Эти методы способствуют быстрому восстановлению нормальной флоры и снижению риска рецидивов, что делает их предпочтительным выбором в современной стоматологической практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вишняков О.В., Поляков В.С. Современные подходы к лечению хронического одонтогенного гайморита // Российская стоматология. 2023. Т. 27. №1. С. 22–27.
2. Левина А.Н., Герасимов Д.Н. Современные методы диагностики и лечения одонтогенного гайморита // Стоматология. 2020. Т. 99. №5. С. 47–52.
3. Сидорова Т.А., Борисов А.В. Микрофлора верхнечелюстных пазух при синуситах различных этиологии // Российская оториноларингология. 2021. №3(90). С. 75–81.
4. Юрченко Н.А., Иванов А.С. Роль бактериальной флоры в патогенезе хронического синусита // Вестник оториноларингологии. 2023. №4. С. 38–44.
5. Brook I. Microbiology of sinusitis // Proc Am Thorac Soc. 2022. Vol. 9. No. 2. P. 151–156
6. Cho S.H., Kim D.W., Lee H.J. Bacterial biofilm formation in maxillary sinus infections // Otolaryngol Head Neck Surg. 2022. Vol. 146. No.5. P. 653–658.
7. Fokkens W.J., Lund V.J., Hopkins C. European position paper on rhinosinusitis and nasal polyps 2020 // Rhinology. 2020. Vol. 58. No. S29. P. 1–464.
8. Frolov D.A., et al. Microbial flora of the maxillary sinus in odontogenic sinusitis: A prospective study // European Archives of Oto-Rhino-Laryngology. 2022. Vol. 279. No. 10. P. 3985–3992.
9. Hauman C.H., Chanler N.P. Endodontic implications of the maxillary sinus: a review // Int Endod J. 2021. Vol. 54, No. 5. P. 668–683.
10. Patel N.A., Ferguson B.J. Odontogenic sinusitis: an ancient but underappreciated cause of maxillary sinusitis // Curr opin Otolaryngol Head neck Surg. 2021. Vol. 29. No. 1. P. 45–51.
11. Workman A.D., Kohanski M.A., Cohen N.A. Microbiome and Bacterial Interactions in Chronic Rhinosinusitis // Int Forum Allergy Rhinol. 2022. Vol. 12. No. 1. P. 85–93.
12. Zirk M., Dreiseidler T., Pohl F. Odontogenic sinusitis maxillaris: microbial analysis and surgical outcome // J. Craniomaxillofac Surg. 2022. Vol. 50. No. 6. P. 982–989.

© Маммедов Сердар Марсович (serdar020396@gmail.com); Берсанов Руслан Увайсович; Берсанова Макка Руслановна (bersanova99@bk.ru);

Сердаров Бегенч Атаевич (begaserdar17@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВЫБОР ТАКТИКИ ЛЕЧЕНИЯ ДЕТЕЙ С ВРОЖДЕННЫМИ КАВЕРНОЗНЫМИ ГЕАНГИОМАМИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗРАСТА И ЛОКАЛИЗАЦИИ ОПУХОЛЕВОГО ПРОЦЕССА

CHOICE OF TREATMENT TACTICS FOR CHILDREN WITH CONGENITAL CAVERNOUS HEMANGIOMAS DEPENDING ON AGE AND LOCALIZATION OF THE TUMOR PROCESS

**T. Marugina
T. Makarchuk
M. Makarchuk**

Summary. The article is devoted to the issues of choosing the treatment tactics for congenital cavernous hemangiomas in children depending on the age and localization of the tumor process. The author considers the features of diagnosis and treatment of this pathology, paying special attention to the maxillofacial region, where hemangiomas are most common. The paper presents the results of a study of 175 children with congenital cavernous hemangiomas, conducted from 2018 to 2023. The main attention is paid to two methods of treatment: monosclerosing therapy and a combined technique, including suturing of the afferent vessels followed by the introduction of a sclerosing solution. It is shown that monosclerosing therapy is effective in 92% of cases, while the combined method demonstrates 100% effectiveness. The article also discusses possible complications, such as the formation of atrophic scars, and the need to correct treatment in case of unsatisfactory results. The author concludes that the proposed methods are highly effective and their applicability depending on the location and volume of the hemangioma.

Keywords: maxillofacial surgery, pediatric surgery, hemangioma, cavernous hemangioma, sclerotherapy, drug treatment.

Маругина Татьяна Леонидовна

кандидат медицинских наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого»
tatyana.marugina@mail.ru

Макаrchук Тихон Максимович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого»
Tikhon.makarchuk@yandex.ru

Макаrchук Максим Юрьевич

кандидат медицинских наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого»
makortodent68@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена вопросам выбора тактики лечения врожденных кавернозных гемангиом у детей в зависимости от возраста и локализации опухолевого процесса. Автор рассматривает особенности диагностики и лечения данной патологии, уделяя особое внимание челюстно-лицевой области, где гемангиомы встречаются наиболее часто. В работе представлены результаты исследования 175 детей с врожденными кавернозными гемангиомами, проведенного в период с 2018 по 2023 год. Основное внимание уделено двум методам лечения: моносклерозирующей терапии и комбинированной методике, включающей прошивание приводящих сосудов с последующим введением склерозирующего раствора. Показано, что моносклерозирующая терапия эффективна в 92 % случаев, тогда как комбинированный метод демонстрирует 100 % эффективность. В статье также обсуждаются возможные осложнения, такие как образование атрофических рубцов, и необходимость коррекции лечения при неудовлетворительных результатах. Автор делает выводы о высокой эффективности предложенных методов и их применимости в зависимости от локализации и объема гемангиомы.

Ключевые слова: челюстно-лицевая хирургия, детская хирургия, гемангиома, кавернозная гемангиома, склерозирующая терапия, медикаментозное лечение.

Актуальность

На долю гемангиом челюстно-лицевой области приходится 60–80 % общего числа гемангиом у детей [1, 5, 6]. Актуальность данной патологии определяется большой распространенностью гемангиом среди доброкачественных новообразований мягких тканей челюстно-лицевой области. К настоящему времени о гемангиомах написано достаточно много как в нашей стране, так и за рубежом, но нельзя считать, что все вопросы диагностики и лечения решены. Практическим врачам часто трудно разобраться в симптоматике и правильно решить вопрос о выборе тактики ведения таких больных.

Врожденные кавернозные гемангиомы (ВКГ) представляют собой один из наиболее распространенных видов врожденных васкулярных опухолей у детей. Кавернозные гемангиомы — аномалия развития кровеносных сосудов, в результате которой происходит образование узловых структур из сосудов, плохо укрепленных соединительной тканью, в основе которой лежит аномальная пролиферация эндотелиальных клеток с нарушенной архитектоникой кровеносных сосудов [2]. Врожденные гемангиомы обнаруживаются сразу после рождения и в первые несколько недель жизни. По литературным данным врожденные сосудистые образования составляют около 30 % всех доброкачественных опухолей у детей. Из них около 4 % приходится на новорожденных и 10–12 % на детей первого года жизни [3]. Несмотря на многочисленные работы, посвященные изучению врожденных гемангиом у детей, до настоящего времени нет наиболее целесообразной тактики лечения. С учётом специфики челюстно-лицевой области и особенностями лица и шеи, приоритетом являются достаточно щадящие методы лечения. К тому же, большинстве случаев, маленькие кавернозные гемангиомы, которые не вызывают косметических дефектов, могут не требовать лечения и иметь тенденцию к обратному развитию, вплоть до полного исчезновения. Однако ряд патологий приводят не только к эстетическим нарушениям, но и вызывают функциональные нарушения дыхания, глотания, жевания, зрения и слуха, что снижает качество жизни ребенка [4].

Цель работы: обоснование выбора тактики лечения врожденных кавернозных гемангиом у новорожденных и детей в зависимости от особенностей развития опухолевого процесса челюстно-лицевой области и смежной локализации.

Материал и методы исследования

За период с 2018 по 2023 г. в КГБУЗ «КМДКБ № 5» находились на лечении и наблюдении 175 детей с врожденными кавернозными гемангиомами челюстно-лицевой

и смежной локализации с периода новорожденности до 12 лет. При обращении больных проводилось комплексное обследование: сбор анамнеза, осмотр, определение площади гемангиомы, лабораторная диагностика (ОАК, время свертывания крови, время кровотечения, количество тромбоцитов).

Результаты исследования

Исходя из приведенных данных таблицы 1 % больных по локализации гемангиом определялся в преобладающем количестве 59,5 % в области лица и шеи. 11,5 % в периорбитальной зоне, волосистой части головы 18 %, туловища и конечностей 11 %. Из 175 больных 80 больных были во возрастном периоде до одного года.

Таблица 1.

Распределение детей с врожденными кавернозными гемангиомами по возрасту и локализации

Возраст	Кол-во больных n (%)	Локализация п, (%)			
		Периорбитальная зона	Лицо и шея	Волосистая часть головы	Туловище и конечности
Новорожденные	25 (15 %)	5	15	3	2
До 1 года	55 (28 %)	3	27	15	10
1–2 года	37 (23 %)	7	18	7	5
3–4 года	21 (12 %)	3	14	3	1
5–6 лет	14 (8,0 %)	1	10	2	1
7–8 лет	13 (7,5 %)	1	12	—	—
9–10 лет	8 (5,5 %)	—	7	1	—
11–12 лет	2 (1 %)	—	1	1	—
	175 (100 %)	20 (11,5 %)	104 (59,5 %)	32 (18 %)	19 (11 %)

Для лечения данных образований применялись 2 методики лечения (таблица 2), у 160 больных монотерапия, у 15 комбинированная методика (прошивание приводящих сосудов и дальнейшее введение склерозирующего раствора). Препаратом выбора является раствор этоксисклерола (0,5 %, 1 %, 3 %) с дозировкой в зависимости от возраста и объема гемангиомы.

При обширных гемангиомах сложной локализации, а именно включающих в себя 3 и более топографо-анатомических областей в обязательном порядке применено предварительное прошивание приводящих сосудов и только после этого вводился препарат. Данная методика является профилактикой распространения опухоли за счёт уменьшения объема циркулирующей крови, сни-

Таблица 2.
Распределение больных с врожденными кавернозными гемангиомами по методам лечения

Возраст	Моноклерозирующая терапия 160 детей (91,5 %)	Прошивание сосудов + склер.терапия 15 детей (8,5 %)
Новорожденные	25	–
До 1 года	48	7
1–2	34	3
3–4	19	2
5–6	13	1
7–8	11	2
9–10	8	–
11–12	2	–

жение активности антикоагуляционной системы крови и повышения тромбопластичной активности в зоне периферического роста опухоли. При неудовлетворительных ближайших результатах моноклерозирующей терапии у 14 больных, так же был применен комбинированный метод лечения.

При анализе результатов лечения выявлено, что у большинства больных моноклерозирующая терапия была эффективна в 92 %, тогда как комбинированная методика показала 100 % эффективность. Из данных таблицы 3 стоит отметить так же то, что неудовлетворительные результаты обнаружены у 2 больных, проходивших монотерапию, что проявлялось в виде атрофических рубцов в области находящегося ранее образования.

При неудовлетворительных результатах лечения моноклерозирующей терапией или тенденции к росту необходимо изучение свертывающей системы крови,



Рис. 1., 2. Результат применения монотерапии. На момент начала лечения и окончательный результат через 1 год.



Рис. 3., 4. Промежуточный результат применения комбинированной методики. Результаты в течение одного года, ребенок продолжает лечение.

Таблица 3.

Результаты лечения больных с врожденными кавернозными гемангиомами

Возраст	Ближайшие				Отдаленные			
	Моносклероз терапия.		Прошив. + Моносклероз терапия		Моносклероз терапия		Прошив. + Моносклероз терапия	
	Удовл. 146 (92 %)	Неудовл. 14 (8 %)	Удовл. 15 (100 %)	Неудовл. 0	Удовл. 144 (99 %)	Неудовл. 2 (1 %)	Удовл. 33 (100 %).	Неудовл. 0
Новорожденные	25	—	—	—	25	—	—	—
До 1 года	40	8	7	—	40	—	15	—
1–2	33	1	3	—	33	2	4	—
3–4	17	2	2	—	17	—	4	—
5–6	11	2	1	—	11	—	3	—
7–8	11	—	2	—	11	—	2	—
9–10	8	—	—	—	8	—	—	—
11–12	1	1	—	—	1	—	1	—

оценка фибринолиза и активности гепарина. На основании полученных данных проводится коррекция лечения, оценка актуальности склерозирующей терапии.

Выводы

1. Моносклерозирующая методика консервативного лечения имеет высокий процент эффективности (92 %).

2. Применение методики прошивания магистральных сосудов, питающих гемангиому в дополнение к склерозирующей терапии ведёт к 100 % результату эффективности лечения.
3. Имеется 1 % процент неудовлетворительного отдаленного результата лечения ассоциированный с образованием атрофического рубца в области залегания ранее находившейся опухоли.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Детская хирургия. Национальное руководство» Москва, ГЭОТАР-Медиа, — 2021. С. 741–742.
2. Кандрина А.М., Спиваковский Ю.М. Случай консервативного лечения жизнеугрожающей гемангиомы Week of Russian science (WeRuS-2023) Сборник материалов XII Всероссийской недели науки с международным участием, посвященной Году педагога и наставника — 2023 С. 91–92.
3. Акчулпанов Д.А. Современные методы медикаментозного комбинированного лечения гемангиом / Неделя молодежной науки, Материалы Всероссийского научного форума с международным участием, посвященного 60-летию со дня образования Тюменского государственного медицинского университета — 2023 с. 185
4. Гавеля Е.Ю., Рогинский В.В., Котлукова Н.П., Надточий А.Г. Современные подходы в лечении младенческой гемангиомы и различных видов мальформаций в области головы и шеи у детей / ВОПРОСЫ ОНКОЛОГИИ ISSN: 0507-3758 ISSN: 2949-4915 Том: 69 Номер: 35 Год: 2023 с. 255–256
5. Н.П. Котлукова, Н.К. Константинов, И.И. Трунина, Н.Д. Тележникова, Т.Р. Лаврова, А.Н. Гришкин, Е.В. Карелина Современная стратегия и тактика ведения детей с младенческими гемангиомами / «Практика педиатра» № 4, 2020 с. 4–12
6. Захарова И.Н., Котлукова Н.П., Рогинский В.В. Что нужно знать педиатру о младенческих гемангиомах / Медицинский совет. 2016. № 16. С. 32–37.

© Маругина Татьяна Леонидовна (tatyana.marugina@mail.ru); Макаrchук Тихон Максимович (Tikhon.makarchuk@yandex.ru);

Макаrchук Максим Юрьевич (makortodent68@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ФАКТОРЫ РИСКА И АЛГОРИТМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ АУТОКОСТНОЙ ПЛАСТИКЕ ЧЕЛЮСТЕЙ. КЛИНИЧЕСКИЙ ПРИМЕР

RISK FACTORS AND ALGORITHM FOR PREDICTING COMPLICATIONS IN AUTOBONE PLASTIC SURGERY OF THE JAWS. A CLINICAL EXAMPLE

**A. Mityushin
I. Amkhadov
M. Abdurakhmanova
M. Dzhabrailova**

Summary. Autobone plastic surgery of the jaws allows to restore the lost volume of the alveolar ridge by vertical and horizontal replacement of the lost bone. The choice of bone plastic interventions depends on the volume and nature of the lost bone tissue. With a high volume of lost bone, it is relevant to restore the defect using one's own bone tissue.

Keywords: autobone plastic surgery, complication.

Митюшин Артем Анатольевич

Аспирант, ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского

Амхадов Ислам Султанович

Доцент, ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского

Абдурахманова Меседо Шехахмедовна

ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского

abdurahmanova.mesedo@mail.ru

Джабраилова Марьям Абуевна

ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского

Аннотация. Аутокостная пластика челюстей позволяет восстановить утраченный объем альвеолярного гребня, путем вертикального и горизонтального замещения утраченной кости. В зависимости от объема и характера утраченной костной ткани, зависит выбор костно-пластических вмешательств. При высоком объеме утраченной кости актуальным является восстановление дефекта с использованием собственной костной ткани.

Ключевые слова: аутокостная пластика, осложнение.

Аннотация

Для надежного функционирования дентальных имплантатов необходим достаточный объем костного материала вокруг имплантата для их адекватного позиционирования и функционирования. [1][2][3] После потери зубов, резорбция костной ткани необратима, в результате чего в этой области отсутствует достаточный объем костной ткани для успешного имплантационного лечения. Воссоздание утраченного объема костной ткани при дефектах альвеолярного отростка остается актуальным на сегодняшний день. [4][5][6]

При высоком объеме утраченной кости актуальным является восстановление дефекта с использованием собственной костной ткани. Важным фактором выбора техники забора аутоотрансплантата, является протяженность костного дефекта и размер донорского участка. Среди различных видов донорских зон наиболее распространенной является область наружной косой линии. [7][8][9][10]

Цель исследования

Оценить факторы риска развития осложнений при аутокостной пластике челюстей.

Материал и методы

Пациентка А., 1972 года рождения, обратилась в клинику с жалобами отсутствия зубов на нижней челюсти.

При осмотре: наблюдается частичная вторичная адентия в третьем и четвертом сегменте альвеолярного гребня, атрофия альвеолярного гребня. В качестве дополнительного исследования была проведена компьютерная томография (КТ).

После проведения основного дополнительного обследования пациентке было спланировано проведение пластики аутокостными блоками с наружной косой линии нижней челюсти одноименной стороны.

Первым этапом был проведен забор и аутоотрансплантация в области четвертого квадранта. После отслоения слизисто-надкостничного лоскута, вышли на наружную косую линию, далее был выполнен продольный и два латеральных послабляющих пропила предполагаемого костного блока, с дальнейшим извлечением кнаружи с помощью стоматологического долота. Острые края блока, были сглажены одноразовым костным скребком с помещением в изотонический раствор.

Вторым этапом подготовили ложе реципиента: глубокая декортикация, поверхностное соскабливание

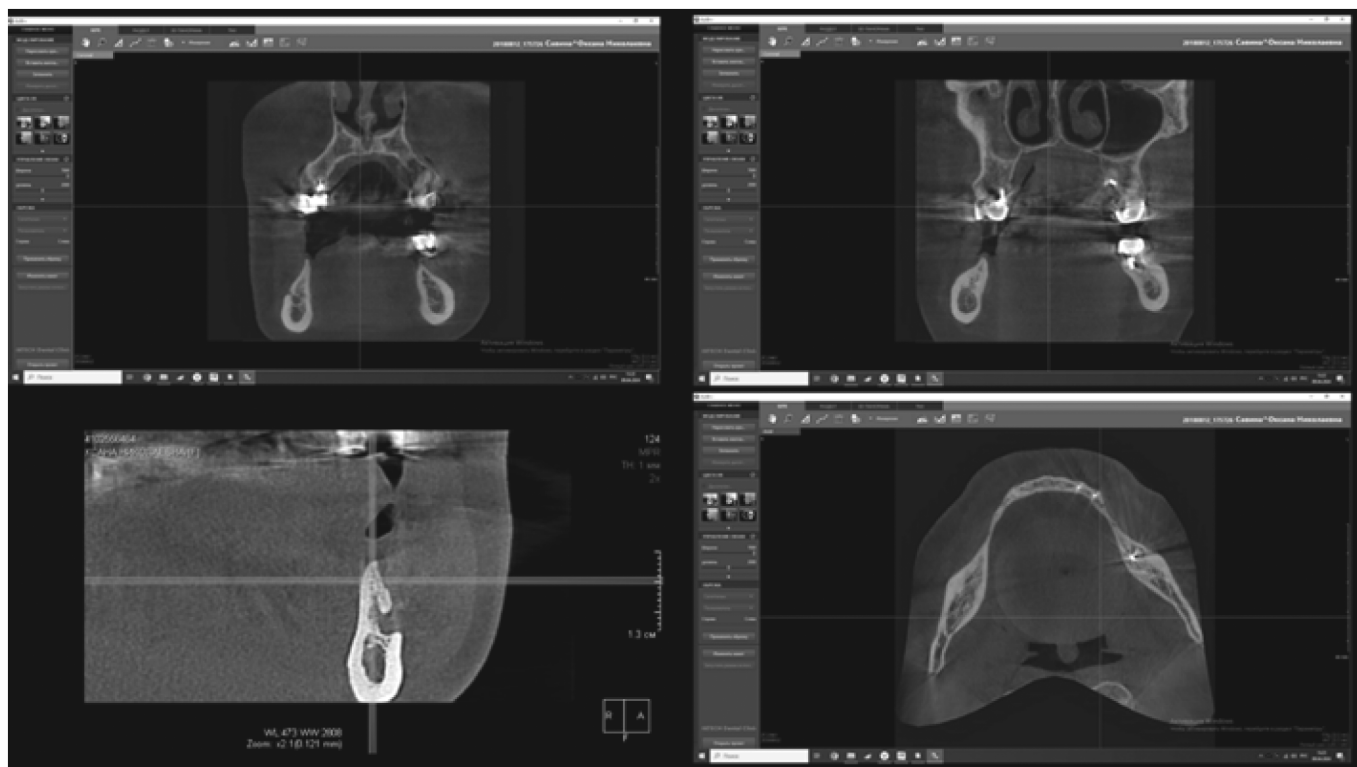


Рис. 1. Компьютерная томография (КТ) до начала лечения

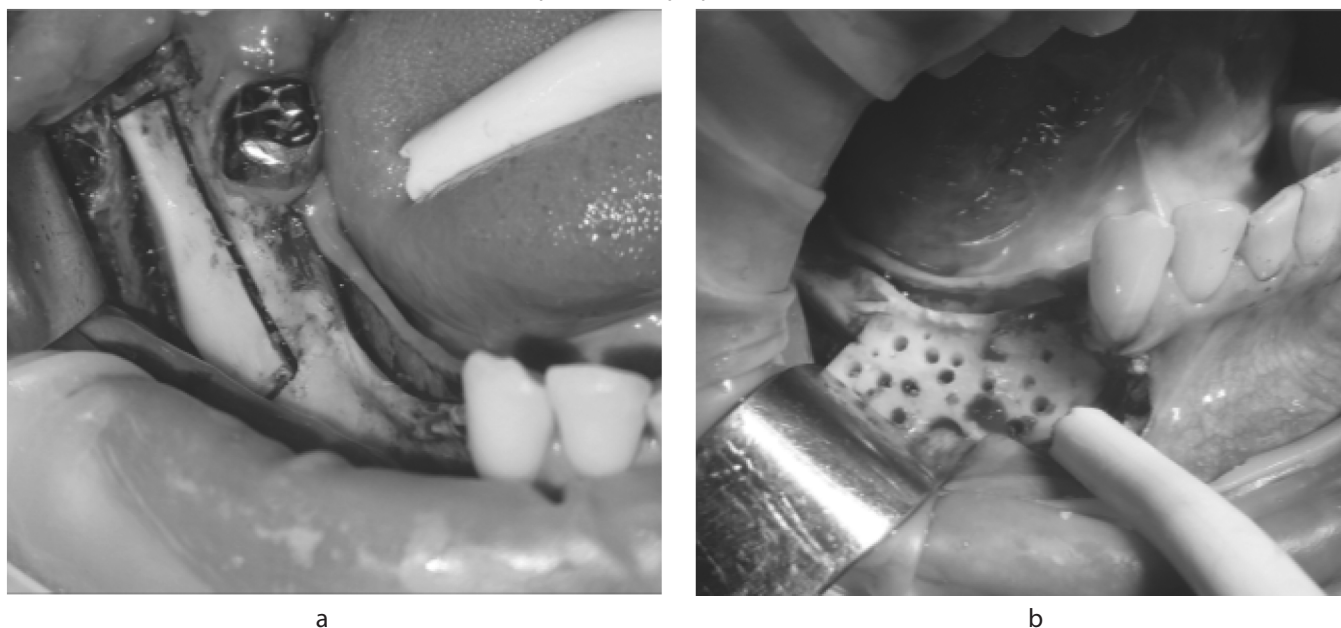


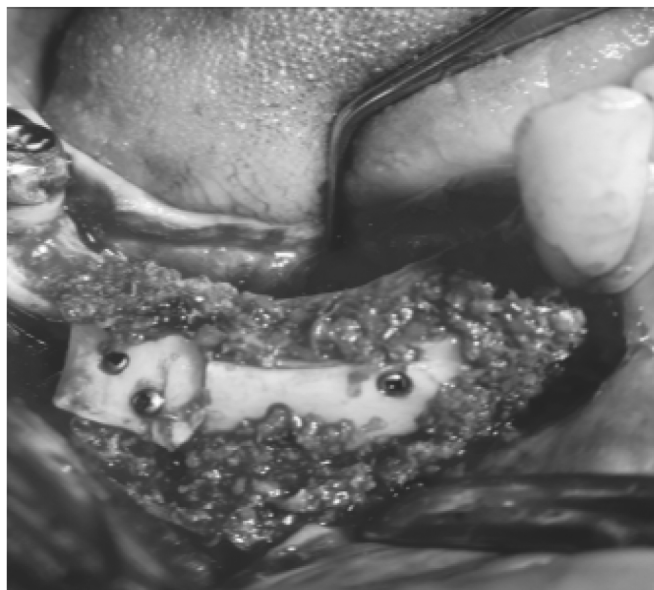
Рис. 2. Четвертый сегмент. а — отслоен слизисто-надкостничный лоскут, выполнен трапециевидный пропил. б — подготовка ложа реципиента: проведена декортикация

кортикального слоя одноразовым костным скребком. Произведена фрагментация блока и фиксация его к принимающему ложу при помощи винтов для остеосинтеза. Дополнительно, полученную аутокостную стружку пропитали капиллярной кровью и уложили по периметру костного блока. Слизисто-надкостничный лоскут уложен на место, рана ушита каскадным трехъярусным ушиванием.

Спустя десять месяцев после первой операции отслоили слизисто-надкостничный лоскут, была получена полная интеграция костного блока в четвертом сегменте. Цвет и кровоточивость полученного регенерата, говорит о его полной васкуляризации. Ширина гребня составила 8 мм, границы принимающего ложа и аутоблока не прослеживаются, что говорит об успешности проведенной процедуры.



а



б

Рис. 3. Четвертый сегмент. а — сегментация блока, фиксация блока винтами.
б — по периметру блока выложена ауто стружка



Рис. 4. Итоговая ортопантомограмма (ОПТГ) слева

Пять месяце спустя после операции в четвертом сегменте, было принято решение провести аналогичную операцию — пластика аутогенными костными блоками на противоположной стороне. Отличительной особенностью в третьем сегменте, служило присутствие корня зуба 3.7., который был оставлен с целью сохранения медиального костного пика. Дополнительно, было принято решение использовать изолирующую мембрану, длительного срока резорбции.

Результаты и их обсуждение

Через два месяца после проведения операции в третьем сегменте пациент предъявил жалобы на диском-

форт в области нижней челюсти слева. При осмотре отмечаются грануляционные разрастания и обнажение краев мембраны. Мембрана была извлечена хирургическим пинцетом. Ввиду обилия грануляций и воспалительных явлений в области вмешательства, было принято решение об удалении оставшейся части мембраны, блока и винтов.

Обсуждение

После повторного анализа рентгенографии и фото-протокола, была выявлена предполагаемая причина дезинтеграции костного блока, это оставление компрометированного корня зуба 3.7., так как по периметру корня отмечали грануляционную ткань и наличие кариеса под культевой вкладкой.

Таким образом, мы считаем, что при планирование комплексного стоматологического вмешательства в целом и пластики аутогенными костными блоками в частности, следует исключить все негативные факторы, которые могут привести к неконтролируемому результату.

Выводы. Детальное планирование с учетом возраста пациента и нивелирования всех предрасполагающих негативных факторов (удаление корней инфицированных зубов, удаление грануляций), позволяет в дальнейшем более прогнозируемо планировать аугментацию аутогенными костными блоками.



а



б

Рис. 5. Четвертый сегмент. а — фото полости рта спустя десять месяцев, б — спустя десять месяцев раскрытие операционного поле



а



б

Рис. 6. Третий сегмент. а — отслоен слизисто-надкостничный лоскут, б — выполнен трапециевидный пропил



а



б

Рис. 7. Третий сегмент. а — подготовка ложа реципиента, проведена декортикация, б — сегментация блока, фиксация блока винтами

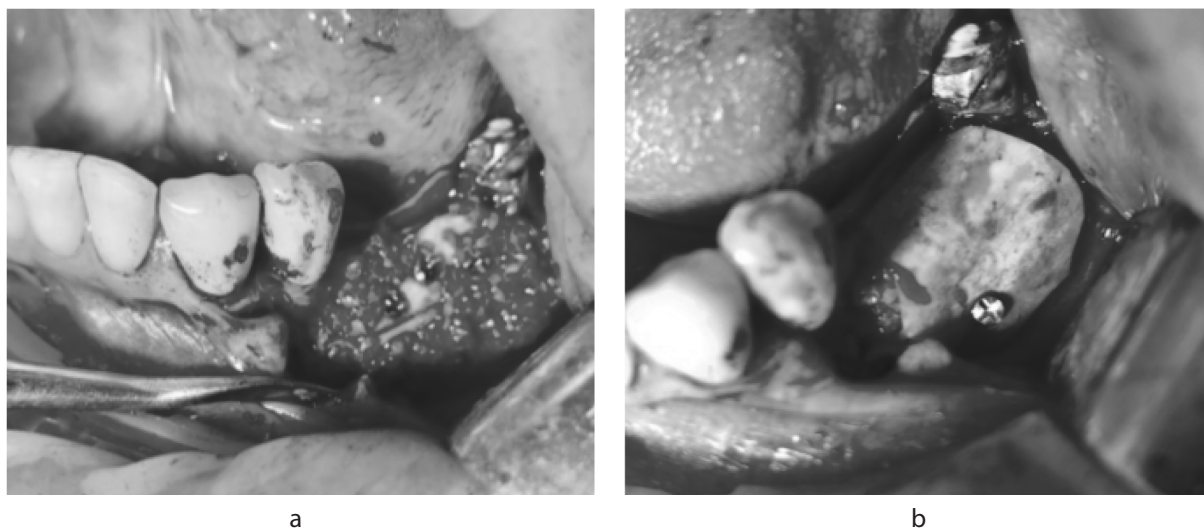


Рис. 8. Третий сегмент. а — по периметру блока выложена ауто стружка, б — фиксация мембраны



Рис. 9. Третий сегмент. Итоговая ортопантограмма (ОПТГ) справа.

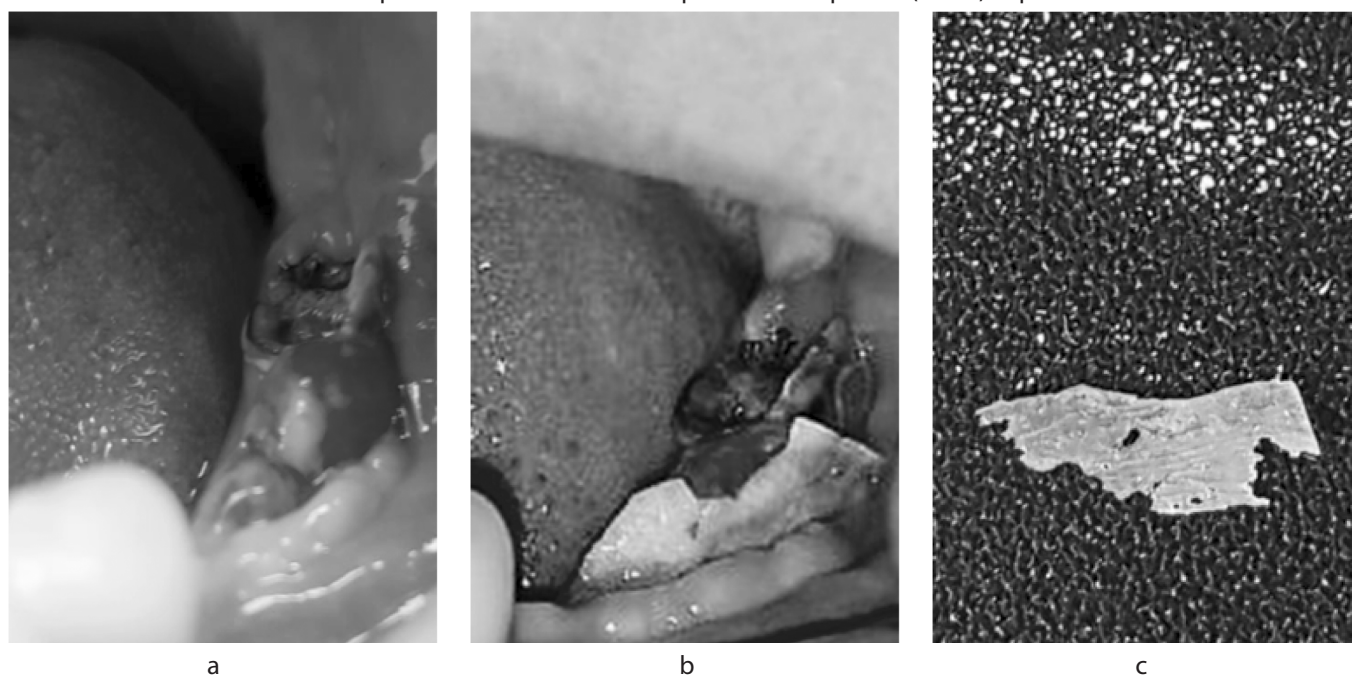


Рис. 10. Третий сегмент. а, б — фото в полости рта спустя два месяца, с — мембрана вне полости рта

ЛИТЕРАТУРА

1. Амхадова М.А., Ашуров Г.Г., Исмоилов А.А., Каримов С.М., Джураев Д.Э. Влияние неблагоприятных медико-социальных факторов на состояние пародонтологического статуса взрослого населения с зубочелюстными аномалиями. Российский стоматологический журнал. 2019; 23 (3–4): 140–143.
2. Полупан П.В., Сипкин А.М. Костная пластика в хирургии полости рта: результаты применения и факторы успеха // Институт Стоматологии. — 2022. — № 1. — С. 56–59.
3. Редько Н.А., Дробышев А.Ю., Лежнев Д.А. Презервация лунки зуба в предимплантационном периоде: оценка эффективности применения костнопластических материалов с использованием данных конусно-лучевой компьютерной томографии // Кубанский научный медицинский вестник. 2019; 26(6): С. 70–79.
4. Харитонов Д.Ю., Антонян А.Б., Новомлинский В.В. Некоторые послеоперационные осложнения в дентальной имплантологии и способы их устранения // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2018. Т. 17, № 1. С. 63–66
5. Королев В.М. Клинико-рентгенологическое обоснование выбора и использования костных трансплантатов при дентальной имплантации: специальность 14.00.21: диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Королев Вениамин Михайлович. — Москва, 2006. — 111 с. — EDN MGNPFI.
6. Новиков С.В. Качество жизни пациентов после реабилитации их с использованием костнопластических операций редуцированных альвеолярных отростков и метода дентальной имплантации (ретроспективное исследование) / С.В. Новиков // Медико-фармацевтический журнал Пульс. — 2023. — Т. 25, № 11. — С. 32–36. — DOI 10.26787/nydha-2686-6838-2023-25-11-32-36. — EDN WPWJTW.
7. Исакова З.Ш. Использование остеогенного материала для замещения полостных дефектов челюстей / З.Ш. Исакова, Ф.Ш. Исакова, Д.Б. Нарзиева // Прикладные информационные аспекты медицины. — 2022. — Т. 25, № 4. — С. 20–25. — EDN KPXLXB.
8. Сельский Н.Е. Остеопластика альвеолярной части нижней челюсти комбинированными костными трансплантатами / Н.Е. Сельский, А.В. Трохалин, Д.М. Мухамадиев // Креативная хирургия и онкология. — 2019. — Т. 9, № 3. — С. 199–208. — DOI 10.24060/2076–3093-2019-9-3-199–208. — EDN NONJUO.
9. Прогнозирование результатов костнопластических операций в полости рта / А.М. Сипкин, П.В. Полупан, В.П. Лапшин, Н.В. Титова // Медицинский алфавит. — 2024. — № 11. — С. 48–52. — DOI 10.33667/2078–5631-2024-11-48-52. — EDN USBJIY.
10. Характеристика осложнений при использовании метода дентальной имплантации в условиях атрофии альвеолярной кости челюстей / Н.В. Попов, Е.А. Ищенко, Е.В. Новикова [и др.] // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: реабилитация, врач и здоровье. — 2019. — № 1(37). — С. 97–102. — EDN BUBRCL.

© Митюшин Артем Анатольевич; Амхадов Ислам Султанович;
Абдурахманова Меседо Шехамедовна (abdurahmanova.mesedo@mail.ru); Джабраилова Марьям Абуевна
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА МОДЕЛИРОВАНИЯ АНТИБИОТИКО-АССОЦИИРОВАННОГО КОЛИТА У ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

EXPERIMENTAL SUBSTANTIATION OF THE METHOD OF MODELING ANTIBIOTIC-ASSOCIATED COLITIS IN LABORATORY ANIMALS

M. Polidanov
S. Kapralov
V. Masliakov
K. Volkov
R. Petrunkin
A. Kashikhin

Summary. The aim of the study is to develop a reliable and reproducible method of modeling antibiotic-associated colitis in laboratory animals to study the mechanisms of development of this disease, evaluate the effectiveness of potential therapeutic interventions, and search for new approaches to treatment and prevention. *Materials and Methods.* The study was carried out on 24 female laboratory rats of «Standard» breed weighing 200 ± 50 g. The animals were given general anesthesia 30 minutes before the experiment. For modeling of antibiotic-associated colitis a solution of a broad-spectrum antibiotic (Amoxiclav, dose 2 ml/g, due to many complications of this group of antibiotics on the gastrointestinal tract system) was used, which was injected into the rectum through the anus. *Results.* It was found that the development of antibiotic-associated colitis obtained using the developed method in all experimental animals was identical in damage to the mucous membrane of the rectum. The claimed method is simple enough, reproducible in carrying out, does not require carrying out in the conditions of specially equipped premises. *Conclusions.* Thus, the obtained experimental data confirm that the developed method allows by introducing a solution of a broad-spectrum antibiotic (Amoxiclav 2 ml/g) into the wall of the rectum and its lumen through the anus to provoke the development of antibiotic-associated colitis, which is very relevant at present and determines the prospects of its wide use for research purposes.

Keywords: antibiotic-associated colitis, *Clostridium difficile* culture, experimental modelling, female rats.

Полиданов Максим Андреевич

специалист научно-исследовательского отдела,
Университет «Реавиз», г. Санкт-Петербург
maksim.polidanoff@yandex.ru

Капралов Сергей Владимирович

доктор медицинских наук, доцент,
Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского
sergejkapralov@yandex.ru

Масляков Владимир Владимирович

доктор медицинских наук, профессор,
Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского;
доктор медицинских наук, профессор,
Университет «Реавиз»
maslyakov@inbox.ru

Волков Кирилл Андреевич

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского»

Петрунькин Родион Павлович

Университет «Реавиз», г. Санкт-Петербург

Кашихин Андрей Андреевич

Университет «Реавиз», г. Санкт-Петербург

Аннотация. Целью исследования является разработка надежного и воспроизводимого способа моделирования антибиотико-ассоциированного колита у лабораторных животных для изучения механизмов развития этого заболевания, оценки эффективности потенциальных терапевтических вмешательств и поиска новых подходов к лечению и профилактике. *Материалы и методы.* Исследование проводилось на 24 лабораторных крысах-самках породы «Стандарт» массой 200 ± 50 г. За 30 минут до эксперимента животным проводили общую анестезию. Для моделирования антибиотико-ассоциированного колита использовали раствор антибиотика широкого спектра действия (Амоксилав, доза 2 мл/г, ввиду большого количества осложнений данной группы антибиотиков на систему желудочно-кишечного тракта), который вводили в прямую кишку через анальное отверстие. *Результаты.* Было установлено, что развитие антибиотико-ассоциированного колита полученного с использованием разработанного способа, у всех подопытных животных было идентично по характеру повреждений слизистой оболочки прямой кишки. Заявляемый способ достаточно прост, воспроизводим в проведении, не требует проведения в условиях специально оборудованных помещениях. *Выводы.* Таким образом, полученные экспериментальные данные подтверждают, что разработанный способ позволяет путем введения раствора антибиотика широкого спектра действия (Амоксилав 2 мл/г) в стенку прямой кишки и ее просвета через анальное отверстие спровоцировать развитие антибиотико-ассоциированного колита, что весьма актуально в настоящее время и определяет перспективы его широкого использования в исследовательских целях.

Ключевые слова: антибиотико-ассоциированный колит, культура *Clostridium difficile*, экспериментальное моделирование, самки-крысы.

Введение

Антибиотико-ассоциированный колит — это воспалительное заболевание кишечника, которое возникает в результате нарушения баланса микрофлоры после приёма антибиотиков и может привести к серьёзным осложнениям. Получение модели язвенного колита представляет интерес не только для экспериментальной медицины, но и для практического здравоохранения, поскольку в настоящее время отмечается рост воспалительных заболеваний кишечника [1].

Известен способ моделирования язвенного колита крысам-самцам линии «Wistar» [2]. Для выполнения метода осуществляют ишемизацию стенки толстой кишки: выделяют, перевязывают и пересекают прямые ветви левой артерии толстой кишки и краниальную прямокишечную артерию на участке 3 см от основания мочевого пузыря. Затем в течение недели животным предоставляют свободный доступ к пище и 1 %-ному раствору декстрана сульфата натрия. Этот способ создает модель язвенного колита с клинической схожестью и воспроизводимостью 90 %.

Однако при осуществлении данного способа характерно отсутствие образования язвенных дефектов и васкулитов в кишечной стенке вследствие одномоментного протекания ишемического некроза.

Известен способ моделирования тотального ишемического некроза толстой кишки у экспериментальных животных путем перевязки краниальных или каудальных брыжеечных артерий, вен и их ответвлений [3]. После проведения нижнесрединной лапаротомии под общим наркозом выводились петли тонкого кишечника, слепая кишка и аппендикс. Мочевой пузырь и половые железы отводились вниз и покрывались стерильной тканью, смоченной 0,9 % раствором NaCl. Затем выделялись аорта, каудальная брыжеечная артерия, её ветви: левая артерия толстой кишки и краниальная прямокишечная артерия. Прямые ветви этих артерий с венами выделялись на протяжении 3 см от основания мочевого пузыря до начала прямой кишки. Все эти сосуды лигируются и пересекаются нитями (пролен 6,0). Левая артерия толстой кишки и краниальная прямокишечная артерия перевязывались и пересекались соответственно проксимальнее и дистальнее зоны ишемии. После завершения процедуры внутренние органы возвращались обратно в брюшную полость, и проводилось послойное ушивание раны. Животные содержались в клетках по шесть особей, имея свободный доступ к пище и 1 %-ному раствору декстрана сульфата натрия в течение 7 дней после операции. На седьмой день у животных были обнаружены язвы и острые эрозии слизистой оболочки толстой кишки, сопровождаемые воспалительными процессами. Также наблюдался васкулит с плазменным пропитывани-

ем стенок сосудов и утолщением интимы, в том числе и в микроциркуляторном русле.

К недостаткам данного способа следует отнести отсутствие образования язвенных дефектов и васкулитов в кишечной стенке вследствие одномоментного протекания ишемического некроза, к тому же получаемая модель не позволяет изучать изменения в стенке толстой кишки в динамике исследования, т.к. смоделированная патология заканчивается либо смертью экспериментального животного из-за большого участка некроза кишки, либо выздоровлением без признаков хронического воспаления в зоне ишемии, что подтверждает сложность стандартизации модели по полу, возрасту и весу используемых лабораторных животных — собак, в том числе из-за особенностей кровоснабжения кишечника у данных животных.

Известен способ моделирования язвенного колита [4], заключающийся в том, что экспериментальному животному в слепую кишку внутриспросветно одновременно вводят 45–50 %-ный спиртовой раствор пикрилсульфоновой кислоты в дозе 0,8–1,0 мл/кг, 1–1,5 %-ный водный раствор метиленового синего в дозе 1,5–2,0 мл/кг и индерал в дозе 0,5–1,0 мг/кг.

Однако при осуществлении данного способа отсутствуют язвенные поражения слизистой и подслизистой толстой кишки, а также отсутствует наличие аутоиммунного компонента в виде васкулита, характерного для пациентов, страдающих воспалительными заболеваниями кишечника, в связи с чем, по известному способу невозможно получить прогрессированного язвенного дефекта с пенетрацией в брыжейку с участками эпителизации по краям язвенного дефекта, характерного для данного заболевания.

Моделирование антибиотико-ассоциированного колита в эксперименте на лабораторных животных, является необходимым условием для разработки новых, а также усовершенствования существующих способов лечения.

В связи с вышесказанным, целью исследования является разработка надежного и воспроизводимого способа моделирования антибиотико-ассоциированного колита у лабораторных животных для изучения механизмов развития этого заболевания, оценки эффективности потенциальных терапевтических вмешательств и поиска новых подходов к лечению и профилактике.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на 24 лабораторных крысах-самках породы «Стандарт» массой 200±50 г. Все манипуляции и содержание животных было регламен-

Таблица 1.

Результаты копрологического исследования каловых масс на выявление единичных количеств лейкоцитов

№ лабораторного животного	Оценка общего состояния лабораторных животных по шкале Фадеева С.Б.	Количество дефекаций к третьему дню исследования	Лейкоциты в кале (при одном опорожнении)
1	3	≈20	2 тыс./мкл
2	2	≈25	3 тыс./мкл
3	3	≈21	4 тыс./мкл
4	3	≈19	3 тыс./мкл
5	3	≈20	5 тыс./мкл
6	2	≈23	2 тыс./мкл
7	2	≈25	5 тыс./мкл
8	3	≈22	3 тыс./мкл
9	2	≈20	5 тыс./мкл
10	4	≈12	1 тыс./мкл
11	3	≈19	2 тыс./мкл
12	3	≈20	4 тыс./мкл
13	3	≈21	3 тыс./мкл
14	2	≈19	4 тыс./мкл
15	3	≈20	5 тыс./мкл
16	2	≈23	2 тыс./мкл
17	2	≈25	5 тыс./мкл
18	3	≈22	3 тыс./мкл
19	2	≈20	5 тыс./мкл
20	4	≈16	2 тыс./мкл
21	3	≈20	4 тыс./мкл
22	3	≈21	3 тыс./мкл
23	2	≈19	4 тыс./мкл
24	3	≈20	5 тыс./мкл

тировано локальным этическим комитетом Медицинского университета «Реавиз» (протокол № 7, 10.07.2024). Условия содержания в виварии лабораторных животных регламентированы РД-АПК 3.10.07.02-09 «Методические рекомендации по содержанию лабораторных животных в вивариях научно-исследовательских институтов и учебных заведений», приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 01.04.2016 г. № 199н «Об утверждении правил надлежащей лабора-



Рис. 1. Посев чистой культуры Clostridium difficile

торной практики», ГОСТ 33216-2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за лабораторными грызунами и кроликами» (актуализированным от 01.01.2021).

Результаты и их обсуждение

Способ осуществляется следующим образом. По стандартной методике проводят общую анестезию лабораторных животных за 30 минут до начала реализации заявляемого способа. Антибиотико-ассоциированный колит моделируют с помощью введения в стенку прямой кишки и ее просвет через анальное отверстие раствора антибиотика широкого спектра действия (препарата Амоксиклав в дозе 2 мл/г), ввиду большого количества осложнений данной группы антибиотиков на систему желудочно-кишечного тракта [5].

В течение трех дней до проведения диагностической лапаротомии проводят оценку общего состояния экспериментальных животных по пятибалльной шкале Фадеева С.Б. [6] и осуществляют забор каловых масс на копрологическое исследование 6–8 раз в день с целью подтверждения воспалительного процесса в толстом кишечнике (таблица 1). По результатам копрологического исследования в каловых массах были выявлены единичные количества лейкоцитов, что подтверждает наличие острого воспалительного процесса в толстом кишечнике.

На третьи сутки после введения раствора антибиотика проводят рассечение мягких тканей, с иссечением участка прямой кишки для осмотра. Фрагмент стенки прямой кишки размером 2х3 см, на котором отмечается деформация рельефа слизистой оболочки: слизистая оболочка диффузно гиперемирована, отечна, частично

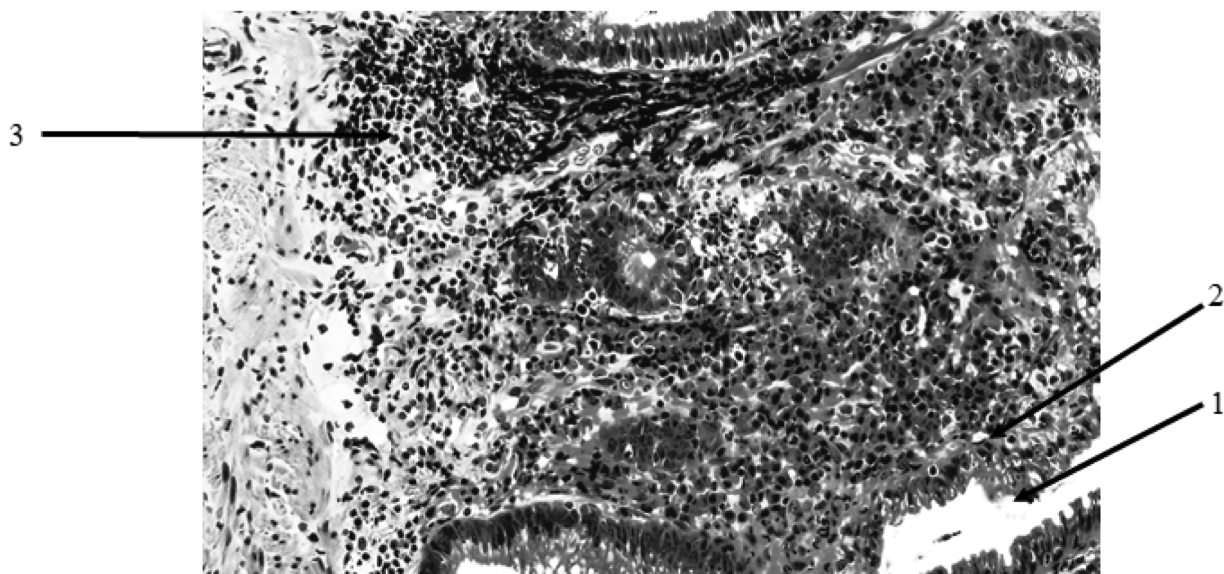


Рис. 2. Результаты микроскопического исследования антибиотико-ассоциированного колита

Примечание: Позициями на рисунке обозначены:

- 1 — деструкция крипт; 2 — атрофия ворсинок и увеличение числа бокаловидных клеток;
3 — увеличение количества лимфоцитов, плазматических клеток, эозинофилов, с преобладанием нейтрофилов, в подслизистом слое и собственной пластинке слизистой оболочки

покрыта желтовато-зеленым экссудатом, с поверхностными повреждениями и мелкими кровоизлияниями.

При бактериологическом посеве (рис. 1) была выявлена чистая культура *Clostridium difficile*, что подтверждает развитие антибиотико-ассоциированного колита и согласуется с клиническими рекомендациями по диагностике, лечению и профилактике *Clostridium difficile*-ассоциированной диареи [7].

Микроскопическое описание (рис. 2): в препарате определяется поверхностный некроз слизистой оболочки, деструкция крипт. Отмечается атрофия ворсинок, а также увеличение числа бокаловидных клеток. В подслизистом слое и собственной пластинке слизистой оболочки наблюдается увеличение количества лимфоцитов, плазматических клеток, эозинофилов, с преобладанием нейтрофилов. В некоторых участках наблюдаются скопления грамположительных палочковидных бактерий.

Было установлено, что развитие антибиотико-ассоциированного колита полученного с использованием разработанного способа, у всех подопытных животных было идентично по характеру повреждений слизистой оболочки прямой кишки. Заявляемый способ достаточно прост, воспроизводим в проведении, не требует проведения в условиях специально оборудованных помещениях.

Заключение

Таким образом, полученные экспериментальные данные подтверждают, что разработанный способ позволяет путем введения раствора антибиотика широкого спектра действия (Амоксиклав 2 мл/г) в стенку прямой кишки и ее просвета через анальное отверстие спровоцировать развитие антибиотико-ассоциированного колита, что весьма актуально в настоящее время и определяет перспективы его широкого использования в исследовательских целях [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ooi C.J. et al. The Asia-Pacific consensus on ulcerative colitis. J. Gastroenterol Hepatol. 2010; 25 (3): 453–468.
2. Патент РФ на изобретение № 2604044 С1, МПК G09B 23/28, опубл. 10.12.2016. Ким А.Д., Григорьев Е.Г., Гольдберг О.А., Лепехова С.А., Чашкова Е.Ю., Коваль Е.В., Фадеева Т.В., Зарицкая Л.В. Способ моделирования язвенного колита.
3. Шалимов С.А., Радзиховский А.П., Кейсевич Л.В. Руководство по экспериментальной хирургии. М.: 1989; 207 с.
4. Патент РФ на изобретение № 2316055, МПК G09B 23/28, опубл. 27.01.2008. Лычкова А.Э. Способ моделирования неспецифического язвенного колита.
5. Луфт В.М., Лапицкий А.В. Ассоциированная с антибиотиками диарея: диагностика, лечение и профилактика. Учебно-методическое пособие. СПб.: Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе. 2012; 48 с.
6. Фадеев С.Б. Оценка тяжести подопытных животных в хирургическом эксперименте. Мат. юбилейной науч. практич. конф., посв. 25 лет. городской клинической больницы скорой медицинской помощи №1. Оренбург, 2002; 52 с.
7. Шелыгин Ю.А., Алёшкин В.А., Сухина М.А. и др. Клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике Clostridium difficile-ассоциированной диареи. Клинические рекомендации. М.: 2017; 51 с.
8. Заявка на получение патента изобретение № 2024138639 от 20.12.2024. Полиданов М.А., Капралов С.В., Кашихин А.А., Волков К.А., Юанов А.А., Петрунькин Р.П., Масляков В.В., Дягель А.П., Кравченя Д.С., Кравченя А.Р., Греков В.В., Сафронов Д.В., Амиров Э.В. Способ моделирования антибиотико-ассоциированного колита у лабораторных животных.

© Полиданов Максим Андреевич (maksim.polidanoff@yandex.ru); Капралов Сергей Владимирович (sergejkapralov@yandex.ru); Масляков Владимир Владимирович (maslyakov@inbox.ru); Волков Кирилл Андреевич; Петрунькин Родион Павлович; Кашихин Андрей Андреевич
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОЦЕНКА РЕПОЛЯРИЗАЦИИ СЕРДЦА: СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВЕННЫХ И КОЛИЧЕСТВЕННЫХ МЕТОДОВ

ASSESSMENT OF CARDIAC REPOLARIZATION: COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF QUALITATIVE AND QUANTITATIVE METHODS

**E. Ryadnova
V. Kitsyshin**

Summary. Objective: To conduct a comparative analysis of methods for assessing cardiac repolarization over time.

Material and methods: Electrocardiography was performed on 40 patients. At the age of 25–65 years (mean age 52 years). Males prevailed over females (29 people, 72 %). Three methods for assessing repolarization were compared: qualitative, semi-quantitative and quantitative. The following methods were selected for the quantitative assessment of electrocardiogram parameters: assessment of the QTc interval duration, T wave amplitude and a new method of contour analysis of the electrocardiogram.

Results: The results of the study indicate that it is possible to record repolarization changes during long-term assessment of the dynamics using both qualitative, semi-quantitative and quantitative methods. However, the degree of expression and nature of the changes presented on the electrocardiogram are better described by contour analysis of the ECG.

Conclusion: The contour analysis method, which considers not only the duration of segments and the amplitude of the teeth, but also the change in the shape of ECG elements, better reflects the influence of the acute infectious process on the electrical activity of the heart.

Keywords: repolarization, electrocardiography, qualitative assessment, quantitative assessment, contour analysis, new coronavirus infection, SARS-CoV-2.

Ряднова Екатерина Олеговна

соискатель, Федеральное государственное бюджетное
военное образовательное учреждение высшего
профессионального образования «Военно-медицинская
академия имени С.М. Кирова», г. Санкт-Петербург
kate_31_96@mail.ru

Кицышин Виктор Петрович

Доктор медицинских наук, профессор,
Федеральное государственное бюджетное
военное образовательное учреждение высшего
профессионального образования «Военно-медицинская
академия имени С.М. Кирова», г. Санкт-Петербург
kitsyshin@ya.ru

Аннотация. Цель: Проведение сравнительной характеристики методов оценки реполяризации сердца в динамике.

Материал и методы: Электрокардиография была проведена 40 пациентам. В возрасте 25–65 лет (средний возраст 52 года). В исследовании преобладали лица мужского пола (29 чел., 72 %). Сравнивались три метода оценки реполяризации: качественный, полуколичественный и количественный. Для количественной оценки параметров электрокардиограммы были выбраны следующие методики: оценка длительности интервала QTc, амплитуды зубца Т и новая методика контурного анализа электрокардиограммы.

Результаты: Результаты исследования свидетельствуют о том, что зафиксировать изменения реполяризации при длительной оценке динамики можно как качественным, полуколичественным, так и количественным методами. Однако степень выраженности и характер изменений, представленных на электрокардиограмме, лучше описывает контурный анализ ЭКГ.
Заключение: Метод контурного анализа, учитывающий не только длительность сегментов и амплитуду зубцов, но и изменение формы элементов ЭКГ лучше отражает влияние острого инфекционного процесса на электрическую активность сердца.

Ключевые слова: реполяризация, электрокардиография, качественная оценка, количественная оценка, контурный анализ, новая коронавирусная инфекция, SARS-CoV-2.

Актуальность

В современной клинической практике врача электрокардиография является первым инструментальным методом оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы. Нет сомнений в уникальности и простоте метода. А по самым скромным подсчётам мировой объём ежедневно регистрируемых электрокардиограмм составляет примерно 100 миллионов исследований. Но до сих пор некоторые вопросы электрокардиографии остаются спорными и требуют

изучения. Одним из таких проблемных вопросов является оценка реполяризации сердца. Так на фоне пандемии новой коронавирусной инфекции отмечен рост неспецифических изменений реполяризации. Это актуализировало вопрос методов оценки реполяризации сердца. Изменение сегмента ST-T у пациентов, в период заболевания COVID-19 и реконвалесценции часто фиксировались на электрокардиограммах пациентов. И если до пандемии частота этих изменений составляла менее чем 8 %, то в период пандемии выявления этих изменений составило от 19,9 до 81 % [1, 2]. Такой большой

разброс данных, вероятно, обусловлен не только различиями тяжести течения инфекции в изучаемых группах, но и большим количеством методик оценки сегмента ST-T. Усугубляет этот факт и отсутствие строгих критериев диагностики нарушения реполяризации. В клинической практике главной мерой реполяризации является оценка сегмента QT. Однако этот способ включает в себя оценку конечной части комплекса QRS, а значит оценивает, как реполяризацию, так и деполяризацию. Кроме того, субъективность мануальной оценки длительности сегмента QT и его прямая корреляция с ЧСС привели появлению других ЭКГ-параметров оценки реполяризации. Начиная с 2003 года получили развитие новые способы описания гетерогенности зубца T: анализ морфологии второго центрального момента T-волны, косинус между комплексом QRS и T-волной, нормализованная площадь T-зубца, дисперсия области T-волны (TW-Ad) [3]. Однако они являются трудоёмкими и недоступными для ежедневного использования.

Благодаря прогрессу в развитии компьютерных технологий и внедрению их в клиническую практику, актуальным видится оценка ЭКГ с помощью компьютерной постобработки. Нами предполагается высокая прогностическая ценность количественной оценки параметров ЭКГ с помощью метода контурного анализа. Данная методика оценивает не только однополярное изменение характеристик зубцов электрокардиограммы, но и изменение пространственной конфигурации.

В литературе описано, что измерение зубца T позволяет стратифицировать сердечно-сосудистый риск как у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями, так и у здоровых людей. Нарушение процессов реполяризации часто является одним из факторов в моделях оценки неблагоприятного клинического исхода.

Так, предполагается, что методика контурного анализа будет более точно описывать имеющиеся изменения ЭКГ. На основании этого можно предположить, что прогностическая значимость нарушения реполяризации, оценённая данным методом, тоже будет выше.

Цель исследования состоит в проведении сравнительной характеристики методов оценки реполяризации сердца в динамике.

Материал и методы

Электрокардиография была проведена 40 пациентам. В возрасте 25–65 лет (средний возраст 52 года). В исследовании преобладали лица мужского пола (29 чел., 72 %). Выборка пациентов в исследуемую группу проводилась в соответствие со следующими критериями: лабораторно подтверждённый диагноз новая коронавирусная инфекция, наличие электрокардиограммы при

поступлении в стационар и контрольного исследования через 6 месяцев после выздоровления.

Сравнивались три метода оценки реполяризации. Первый — качественный. Оценка происходила на основании заключения врача функциональной диагностики. Изменения оценивались вне зависимости от локализации процесса. Второй метод — полуколичественный. Оценка происходила с помощью соотнесения изменений реполяризации с одной из категорий в соответствии с кодификатором «Миннесотские коды». Третий метод — количественный. Данный способ заключался в расчёте площади зубца T контурным способом. Для количественной оценки параметров электрокардиограммы нами были выбраны оценка длительности интервала QTc и амплитуды зубца T, а также новая методика контурного анализа электрокардиограммы. Электрокардиограммы оценивались в динамике по всем представленным характеристикам.

Среди методик оценки электрокардиограммы особое место в работе занимает количественная оценка параметров с помощью контурного анализа. Компьютерная обработка происходила с использованием математической программы GeoGebra Classic 6.0. Основными этапами контурного анализа были построения изолинии, обозначения начала и конца зубца T, построение перпендикуляров к изолинии и построение многоугольника. Методика построения представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Методика количественной оценки реполяризации сердца

Источник: Составлено автором с использованием программы GeoGebra Classic 6.0

Статистическая обработка данных выполнялась с помощью описательных методов статистического анализа и выявления достоверных различий в программном пакете Statistica 12 и с использованием программы StatTech v. 3.1.10 (разработчик — ООО «Статтех», Россия). Данные считались статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты

Анализ электрокардиограмм показал, что при качественной оценке динамики реполяризации была отмечена

на значимая динамика ($p < 0,001$). Так в начале заболевания изменения реполяризации имелись у 26 пациентов (65,0 %), тогда как через 6 месяцев данные изменения были только у 3 пациентов (7,5 %). Интересно, что при оценке динамики от момента поступления в стационар до момента выписки показателей качественным методом значимых отличий обнаружено не было ($p > 0,05$).

При исследовании этого показателя полуколичественным методом были получены следующие данные. Значимые отличия наблюдались в I, II стандартных отведениях и с V2 по V6 грудных. Характеристика динамики изменений в соответствии с кодификатором «Миннесотские коды» в I стандартном отведении была наиболее наглядной и представлена на рисунке 3.

Оценка продолжительности интервала QTс не показала значимых различий между параметрами, оценёнными в начале заболевания COVID-19 и данными через 6 месяцев после выздоровления. Так медианное значение и межквартильный интервал в начале заболевания были равны 399,0 [391;416] мс, а через 6 месяцев 401,0 [387;418] мс.

При оценке динамики амплитудных показателей зубца Т были выявлены статистические значимые различия в отведениях I, II, aVF и V2-V6. Динамика показателей в отведениях V2-V3 была наиболее наглядной. Так амплитуда зубца Т в отведении V2 начале заболевания была равна 200 мкВ [100–400], а через 6 месяцев — 300 мкВ [238–500]. В отведении V3 эти показатели были равны 300 мкВ [200–400] и 400 мкВ [300–600].

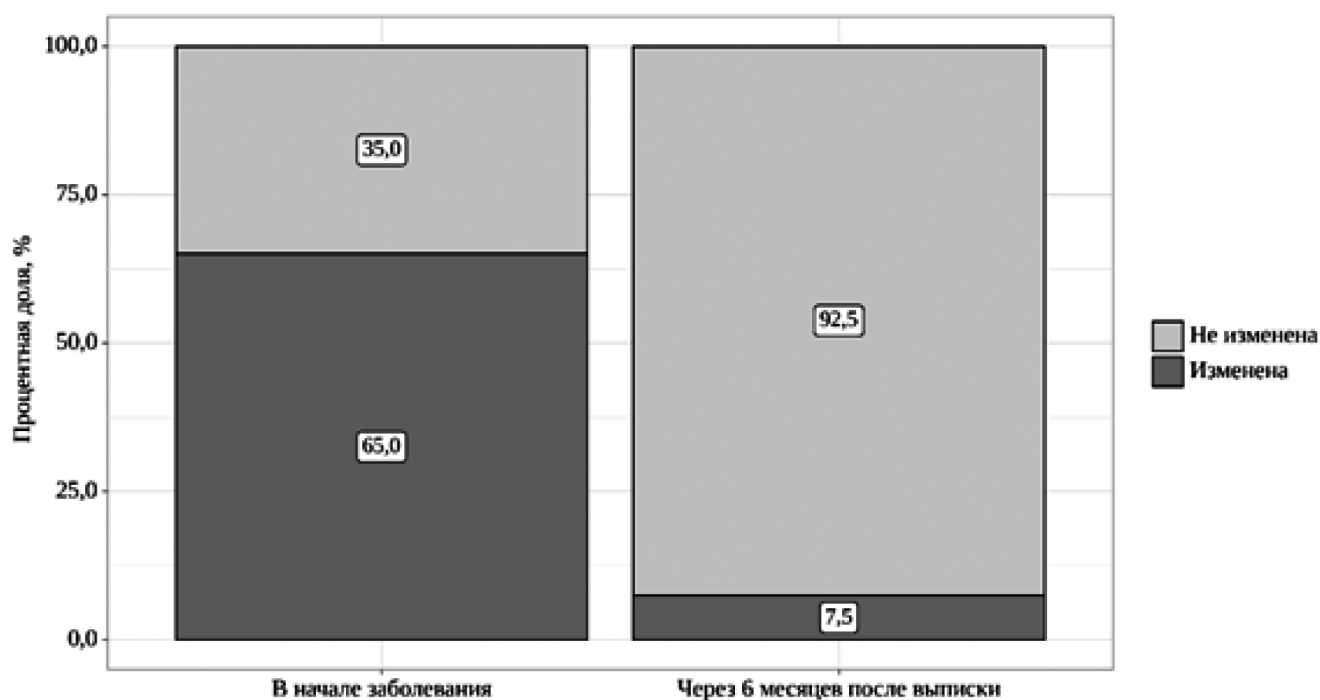


Рис. 2. Анализ изменения реполяризации качественным методом

Источник: Составлено автором на основе базы данных

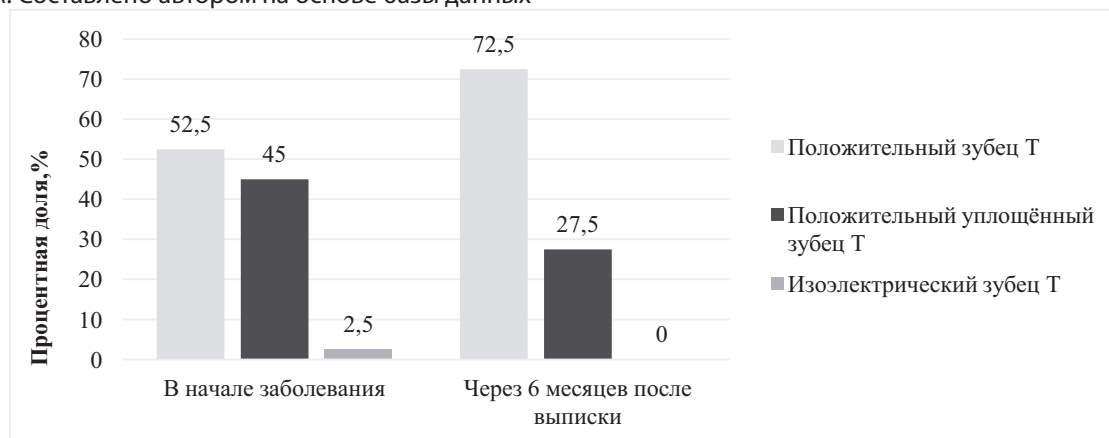


Рис. 3. Анализ динамики зубца Т в I отведении в начале заболевания и через 6 месяцев после выздоровления

Источник: Составлено автором на основе базы данных

При оценке ЭКГ с помощью компьютерной постобработки были получены следующие данные: при динамической оценке площади зубца Т отличались во всех отведениях, кроме aVL и V1. Важно, что данные отличия, так же, как и амплитудные характеристики были наиболее выражены в грудных отведениях. Так площадь зубца Т в отведении V2 начале заболевания была равна $32,44 \pm 22,04$ мВ*мс, а через 6 месяцев — $49,08 \pm 23,2$ мВ*мс. В отведении V3 эти показатели были равны $33,56 \pm 19,16$ и $56,56 \pm 0,12$ мВ*мс соответственно ($p < 0,001$).

Обсуждение

Данные, накопленные в результате обобщения опыта пандемии новой коронавирусной инфекции, подтверждают изменение электрической активности сердца. Однако частота изменений сильно варьировала в разных исследованиях. Так в исследованиях с качественной оценкой реполяризации изменения фиксировались от 26 до 81 % случаев [4, 5, 6, 7, 8], а при полуколичественной оценке эти изменения фиксировались в 19,9–30 % случаев [9, 10].

Результаты нашего исследования свидетельствуют о том, что фиксировать изменения реполяризации при длительной оценке динамики можно как качественным, полуколичественным, так и количественным методами. Однако степень выраженности и характер изменений, представленных на электрокардиограмме, лучше описывает контурный анализ ЭКГ.

Безусловно, выраженность процессов зависит от различных факторов, в том числе от тяжести основного заболевания. Однако в нашем исследовании при применении различных методов при оценке одной и той же электрокардиограммы контурный анализ показал свои преимущества.

Выводы

Так, метод контурного анализа, учитывающий не только длительность сегментов и амплитуду зубцов, но и изменение формы элементов ЭКГ, лучше отражает влияние острого инфекционного процесса на электрическую активность сердца.

ЛИТЕРАТУРА

1. COVID-19 kills at home: the close relationship between the epidemic and the increase of out-of-hospital cardiac arrests / E. Baldi, G.M. Sechi, C. Mare [et al.] // *European Heart Journal*. — 2020. — Vol. 41. — COVID-19 kills at home. — № 32. — P. 3045–3054.
2. Изменения электрической оси сердца и нарушения липидного обмена как возможные маркеры поражения сердечно-сосудистой системы у пациентов, перенесших COVID-19 / Н.Т. Мирзоев, Г.Г. Кутелев, В.В. Иванов [и др.] // *Доктор.Ру*. — 2023. — Т. 22. — № 2. — С. 15–20.
3. Reference values of electrocardiogram repolarization variables in a healthy population / C. Haarmark, C. Graff, M.P. Andersen [et al.] // *Journal of Electrocardiology*. — 2010. — Vol. 43. — № 1. — P. 31–39.
4. The effect of the severity COVID-19 infection on electrocardiography / H.A. Barman, A. Atici, G. Alici [et al.] // *The American Journal of Emergency Medicine*. — 2021. — Vol. 46. — P. 317–322.
5. Clinical Characteristics of 138 Hospitalized Patients With 2019 Novel Coronavirus-Infected Pneumonia in Wuhan, China / D. Wang, B. Hu, C. Hu [et al.] // *JAMA*. — 2020. — Vol. 323. — № 11. — P. 1061–1069.
6. Electrocardiographic features of 431 consecutive, critically ill COVID-19 patients: an insight into the mechanisms of cardiac involvement / M. Bertini, R. Ferrari, G. Guardigli [et al.] // *Europace*. — 2020. — Electrocardiographic features of 431 consecutive, critically ill COVID-19 patients. — P. euaa258.
7. Electrocardiographic characteristics in patients with coronavirus infection: A single-center observational study / Y. Li, T. Liu, G. Tse [et al.] // *Annals of Noninvasive Electrocardiology: The Official Journal of the International Society for Holter and Noninvasive Electrocardiology, Inc.* — 2020. — Т. 25. — Electrocardiographic characteristics in patients with coronavirus infection. — № 6. — С. e12805.
8. Cardiovascular Changes in Patients With COVID-19 From Wuhan, China / L. Song, S. Zhao, L. Wang [et al.] // *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. — 2020. — Vol. 7. — P. 150.
9. Tsuji H. Increased Incidence of ECG Abnormalities in the General Population During the COVID-19 Pandemic / H. Tsuji, I. Shiojima // *International Heart Journal*. — 2022. — Т. 63. — № 4. — С. 678–682.
10. Electrocardiographic features of patients with COVID-19: One year of unexpected manifestations / F. Angeli, G. Reboldi, A. Spanevello [et al.] // *European Journal of Internal Medicine*. — 2022. — Vol. 95. — Electrocardiographic features of patients with COVID-19. — P. 7–12.

© Ряднова Екатерина Олеговна (kate_31_96@mail.ru); Кицышин Виктор Петрович (kitsyshin@ya.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ ДЕФОРМАЦИИ МИОКАРДА У ДЕТЕЙ С ИЗОЛИРОВАННЫМ ДЕФЕКТОМ МЕЖПРЕДСЕРДНОЙ ПЕРЕГОРОДКИ ПРИ ПОМОЩИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

Сакович Виталий Валерьевич

Врач, ФГБУЗ «Федеральный центр
сердечно-сосудистой хирургии», г. Красноярск
office@krascor.ru

DETERMINATION OF LONGITUDINAL MYOCARDIAL DEFORMATION IN CHILDREN WITH ISOLATED ATRIAL SEPTAL DEFECT USING DEEP LEARNING NEURAL NETWORKS

V. Sakovich

Summary. The paper sets the task of calculating the parameters of deformation of the heart muscle according to echocardiogram data under interference conditions, for example, in the study of children. Indicators of deformation (strain value) of the heart muscle were used by us to determine the presence and severity of dysfunction of the chambers of the heart in atrial septal defect — a congenital heart defect characterized by the presence of communication between the right and left atria. The problem was solved by analyzing the video stream obtained from the installation of echocardiography using a set of deep learning neural network architectures designed for image segmentation. The study was conducted for the U-net architecture. As a result of processing the video stream, it was possible to solve the problem of segmentation of the walls of the heart muscle and binding of key points in the condition of interference in the removal of an echocardiogram on child patients unable to remain motionless during the study. The obtained indicators provide the cardiologist with important information for determining the dysfunction of the chambers of the heart (especially the right atrium, the most compromised chamber of the heart in the studied cases) with a defect of the atrial septum.

Keywords: congenital heart disease, atrial septal defect, longitudinal speckle tracking, heart failure, deep learning neural networks.

Аннотация. Статья посвящена теме достоверной оценки признаков сердечной недостаточности у пациентов детского возраста с одним из наиболее часто встречающихся врожденных пороков сердца (дефект межпредсердной перегородки) в процессе динамической курации этих пациентов. Целью исследования была разработка алгоритма расчета показателя продольной деформации миокарда у пациентов с дефектом межпредсердной перегородки при наличии значительных помех (акустических шумов), например, при обследовании детей младшего возраста, когда исследование проводится при активном поведении, плаче, беспокойстве ребенка при невозможности стабильного позиционирования ультразвукового датчика. Показатели продольной деформации миокарда использовались нами для констатации наличия и степени выраженности дисфункции камер сердца. Исследование проводилось в группах пациентов детского возраста с изолированным вторичным центральным дефектом межпредсердной перегородки (ДМПП). Исследование проводилось на аппарате Philips iE33. Анализ полученных данных проводился с использованием набора архитектур нейронных сетей глубокого обучения, предназначенных для сегментации изображений. Исследование проводилось для архитектуры U-net. В результате обработки видеопотока удалось решить задачу автоматической сегментации стенок сердца с привязкой к изображению ключевых точек. Получаемые данные позволяют судить о наличии и степени дисфункции камер сердца.

Ключевые слова: врожденный порок сердца, дефект межпредсердной перегородки, продольная деформация миокарда, сердечная недостаточность, нейросеть глубокого обучения.

Введение

Эхокардиография — один из ультразвуковых методов в арсенале врача функциональной диагностики для анализа анатомических особенностей и функциональных характеристик сердца. Для достоверной интерпретации эхокардиографических данных специалисту необходимо затратить значительное количество времени и сил. При этом метод исследования является оператор- и аппаратозависимым, что зачастую приводит к несоответствию результатов разных исследователей и лабораторий. В 2010-х годах произошел на-

стоящий «прорыв» в области анализа изображений с помощью искусственных нейронных сетей, что позволило автоматизировать обработку изображений и сократить время анализа полученных данных, а также снизить степень внутри- и межоператорской вариабельности. На настоящем этапе активно ведется разработка и оптимизация методов обработки эхокардиографических данных с помощью искусственных нейронных сетей.

Дефект межпредсердной перегородки (ДМПП) является одним из наиболее широко распространенных в современной популяции врожденных пороков сердца.

Анатомическая основа данной аномалии — это наличие сообщения между правым и левым предсердиями. Распространенность ДМПП составляет 3,89 на 1000 детей и 0,88 на 1000 взрослых [1]. Хирургическая коррекция порока выполняется в широчайшем возрастном диапазоне (от 6 месяцев до практически любого возраста). Показаниями к оперативному лечению являются появление или усугубление клинических проявлений данного порока — сердечной недостаточности и/или лёгочной гипертензии [2].

При проведении данной работы авторами была решена задача автоматизации процесса определения показателя продольной деформации миокарда левого и правого предсердий. Патологическое изменение этих значения в дальнейшем планируется использовать, как одно из показаний к плановой хирургической коррекции ДМПП. В клинической практике одной из особенностей в данной ситуации является то, что, зачастую, эхокардиографическое исследование проводится у детей, в том числе, у детей младшего возраста. Существенным затруднением в получении достоверных ЭХО-кардиографических данных и последующей их интерпретации в этих случаях часто является проведение исследования при активном поведении, плаче, беспокойстве ребенка, что ведет к нестабильности изображения, постоянному его смещению по всем трем осям координат.

Обзор литературы

Дефект межпредсердной перегородки — один из наиболее широко распространенных в современной популяции врожденных пороков сердца. Данная анатомическая аномалия может сопровождаться многообразными осложнениями, что объясняет активный интерес как практикующих врачей, так и медиков-исследователей к этой проблеме [3]. Изучая публикации последних пяти лет, было найдено большое количество работ, посвященных изучению этой патологии.

В исследование [4] рассматривалась этиология и эмбриология дефекта межпредсердной перегородки, описывались клинические проявления, возможные тактики лечения и схемы динамического ведения пациентов, а также объяснялись стратегии междисциплинарного взаимодействия, направленные на оптимизацию результатов лечения, в том числе, с помощью построения правильной тактики общения с пациентом.

В статье [5] описывается исследование, направленное на сравнительное двух хирургических методов лечения дефекта межпредсердной перегородки — с использованием срединной стернотомии и через переднебоковой мининоторакотомный доступ.

В работе [6] проводится углубленное дополнительное обследование детей с дефектом межпредсердной

перегородки по типу дефекта венозного синуса с целью исключения сопутствующих сосудистых аномалий.

Группа авторов [7] оценили изменения продольной деформации миокарда желудочков сердца в раннем послеоперационном периоде после транскатетерного закрытия дефекта межпредсердной перегородки и оценили их связь с размерами окклюдизирующего устройства. Величина глобальной продольной деформации правого желудочка использовалась как важный диагностический признак сердечной недостаточности.

В публикации [8] продемонстрировано использование показателя продольной деформации (strain) для оценки влияния чрескожного закрытия дефекта межпредсердной перегородки (ДМПП) на функцию левого желудочка (ЛЖ) у взрослых пациентов.

Также были проанализированы подходы к обработке эхокардиографических изображений с помощью искусственных нейронных сетей. Так, в исследовании [9] авторы использовали логически прозрачную глубокую нейронную сеть для классификации эхокардиографических изображений, получив среднюю точность классификации 98,2 %.

Предложен набор свёрточных нейронных сетей MENN, предназначенных для анализа изображений левого желудочка как в режиме отслеживания «пятен» (speckle-ov) по длинной оси (В-режим), так и по короткой оси (М-режим) [10]. Эффективность предложенной авторами архитектуры была дополнительно подтверждена на двух доклинических моделях, и достигнуты отличные показатели корреляции между результатами автоматического и мануального анализа эхокардиографических изображений (значение коэффициента корреляции Пирсона r от 0,85 до 0,99).

Описано использование глубинной нейронной сети с механизмом внимания и модулем агрегации остаточных признаков для автоматической сегментации левого желудочка на изображениях чреспищеводной эхокардиографии во время сердечно-легочной реанимации [11]. Цель работы — определить наилучшее положение для эффективной компрессии грудной клетки с использованием систолической функции левого желудочка.

Найдена возможность верификации факта перенесенного инфаркта миокарда по записям эхокардиографии [12]. Предложенная авторами модель представляет собой последовательность, состоящую из двумерных свёрточных нейронных сетей, выполняющих предварительную обработку данных путем сегментации контура левого желудочка, полученного из апикального четырёхкамерного доступа. Затем трёхмерная свёрточная нейронная сеть выполняет бинарное выявление факта

сердечного сокращения на последовательности кадров. Модель достигла высоких показателей точности: точность 100 %, полнота 95 % и показатель F1 97,2 %.

Группой авторов [13] решена задача отслеживания смещения ЭХО-тени аортального клапана в последовательности эхо кардиографических кадров. Для решения задачи обнаружения и восприятия изображения были использованы две архитектуры сверточных нейронных сетей — более быстрый однократный детектор Multibox (твердотельный накопитель) и свёрточная нейронная сеть на основе регионов (RNN).

Таким образом, можно констатировать, что выбранная в работе тема вполне актуальна в современных условиях и должна рассматриваться на стыке таких наук, как медицина, кибернетика и информатика, с точки зрения задач искусственного интеллекта и компьютерного зрения.

Материалы и методы

Используемые методы. Для решения поставленных задач использовалась модель сегментации Unet [14], предварительная обработка изображений методами фильтрации Гаусса [15], оператор поиска границ Канни [16] и стандартные процедуры библиотеки OpenCV [17].

Для расчета продольной деформации миокарда необходимо найти крайние (граничные) точки анализируемой камеры сердца. Для этого необходимо найти фрагменты контура стенок предсердия, что бывает сделать довольно проблематично ввиду сильных помех в зоне интереса. Поиск верхнего и нижнего контура осуществлялся идентификацией максимального и минимального положения центра тяжести замкнутого контура с последующим нахождением крайней левой точки верхнего

фрагмента контура и самой нижней точки нижнего фрагмента контура.

После получения значений длины вектора расстояния между крайними точками использовался усредняющий фильтр для сглаживания отклонений, вызванных ошибками маркировки контуров сердечной мышцы. Параметры strain-а рассчитывались по формуле 1:

$$\varepsilon(t) = \frac{L(t) - L(t_0)}{L(t_0)}, \quad (\text{формула 1})$$

где $L(t)$ — расстояние между крайними точками текущего кадра (конечно-систолический размер сегмента миокарда), $L(t_0)$ — длина вектора расстояния между крайними точками на предыдущем кадре (конечно-диастолический размер сегмента миокарда).

Экспериментальные материалы. Для разработки алгоритма расчета параметра деформации предсердий необходимо предварительно обработать видеофрагмент двухмерной эхокардиографии. Для сегментации стенок предсердий и расчета показателей деформации были использованы видеозаписи трансторакальной ЭхоКГ 40 пациентов с диагнозом дефект межпредсердной перегородки. Возраст пациентов составлял от 0 до 18 лет.

На основании этих данных определялись показания к хирургической коррекции порока. Исследование проводилось на базе ФГБУЗ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» г. Красноярск.

Исходное разрешение видеофрагментов составляло 1344x1000 пикселей, 25 кадров в секунду, изображение в цветовой кодировке RGB. В видеозаписях ЭХО кардиографии, выполненной на аппарате Philips iE33, имелись значительные помехи. После удаления лишних фрагментов системы разрешение изображения стало 800x600 пикселей в цветовой кодировке RGB. Пример изображения показан на рисунке 1.

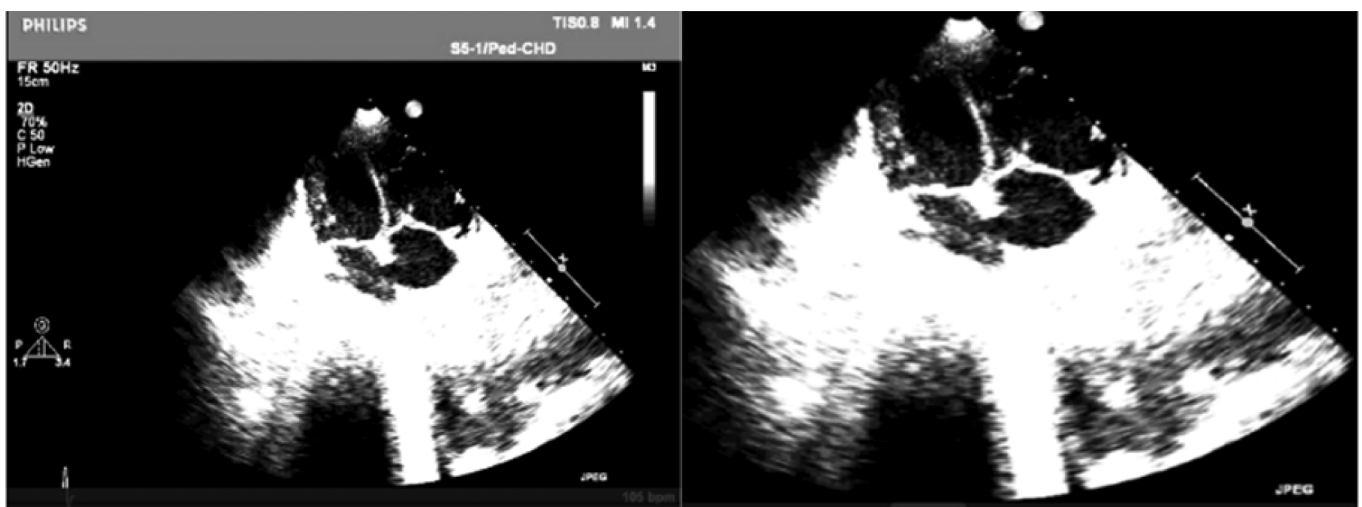


Рис. 1. Исходное разрешение видеофрагментов имеет 1344x1000 пикселей. Пример фрагментации кадра для подготовки обучения нейронной сети

Фрагментированные изображения размечались экспертами — врачами функциональной диагностики, которые вручную маркировали область правого и левого предсердия по классу «предсердия» — как область интереса для дальнейшего обучения нейронных сетей. Для обучения модели выборка была разделена на обучающую, проверочную и тестовую в соотношении 70 %:20 %:10 %. В итоге была получена следующая выборка: 1500 изображений сердца пациентов в движении (1 цикл сокращения) в наборе данных. 3000 отмечено предсердиями (левым и правым). На рис. 2 показан пример ручной разметки элементов предсердий и получения общей «маски» (схематического контура) для дальнейшего обучения нейронной сети. Разметка набора данных выполнялась в программе разметки Labelme [18].

Обучение нейронной сети проводилось на персональном компьютере со следующими характеристиками: NVIDIA GeForce 2060, 16 ГБ оперативной памяти.

Результаты

Результаты обучения модели сегментации. Модель, созданная на основе архитектуры свёрточной нейронной сети Unet [14] имеет общее количество 6 502 786 нейронов, из них 4 658 882 обучаемых. Вход нейронной сети содержит 512x512 пикселей в цветовой кодировке RGB. После сегментации по модели размер изображения увеличивается до размера анализируемого видеофрагмента, в данном случае до размера 800 x 600 пикселей в цветовой кодировке RGB. Полная структура созданной модели представлена на рисунке. Обучение проходило в 18 эпох, 147 итераций на 1 эпоху, тензорная размерность 32 изображения. Потеря результатов обучения 0,013 val_loss 0,017. Функция потерь SparseCategoricalCrossentropy.

Предварительная подготовка изображения для расчета стрейна. Видеофрагменты с аппарата Philips iE33 со скважностью (частотой формирования изображения) 5–10 подаются в систему автоматического расчёта показателей деформации. Размер видеоизображения со-

ставляет 1344x1000 пикселей в цветовом канале RGB. Из видеопотока вырезается фрагмент с окном 600x800 пикселей в цветовом канале RGB. Полученное изображение уменьшается до размеров входного слоя обученной нейросети U-net (512x512 пикселей), и на выходе получаем сегментированные контуры («маски») правого и левого предсердий. Затем производится наложение изображения и «маски» и получается изображение сегментированных областей размером 800x600 пикселей в цветовой кодировке RGB. Для дальнейшего поиска контуров необходимо выполнить следующие операции: преобразование в оттенки серого, фильтрацию по Гауссу с окном 11x11 пикселей для удаления грубого шума и поиск контура с помощью оператора Канни с параметром 30, 150. Поскольку изображение очень зашумлено, большая часть контуров являются незакрытыми. Для решения этой проблемы значение пикселя было дополнено функцией расширения [19]. Результатом операции являются закрытые фрагменты видимой стенки предсердия, подготовленные для расчета деформации. На Рис. 4 показано пошаговое описание процедуры предварительной обработки изображения.

Расчет величины стрейна левого предсердия. После получения контура предсердий необходимо найти и зафиксировать крайние верхнюю и нижнюю точки анализируемой области. Поскольку на ультразвуковых изображениях присутствуют более или менее интенсивные помехи, четкая локация границ отделов сердца не всегда возможна. На рис. 5 показаны примеры получения контуров с различной степенью зашумленности в зоне интереса.

После нахождения крайних точек необходимых фрагментов контура вычисляется длина результирующего вектора расстояния. На рис. 6 показаны результаты поиска точек и найденный вектор. Красная точка — левая крайняя точка верхнего фрагмента стенки левого предсердия, зеленая точка — нижняя точка нижнего фрагмента стенки левого предсердия, зеленая рамка — ограничивающая рамка найденного замкнутого контура, розовая линия — вектор расстояния между крайними точками.

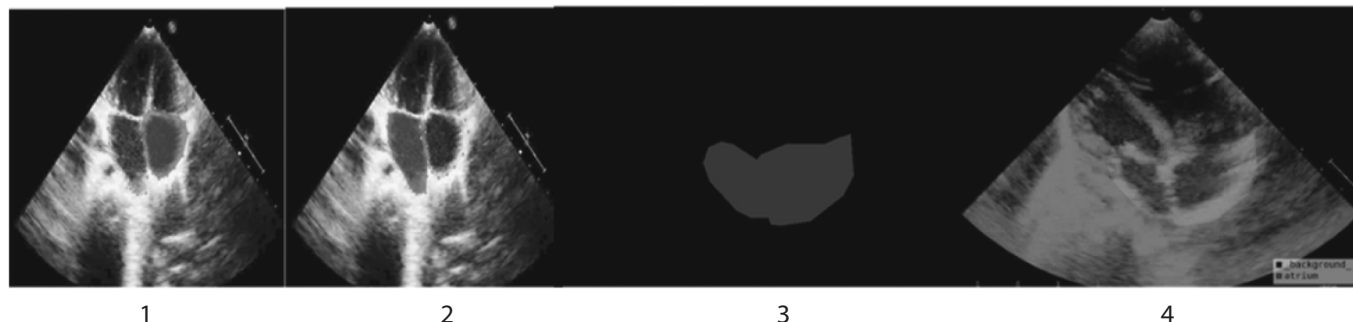


Рис. 2. Разметка предсердий на изображении, где 1) «маска» правого предсердия, 2) «маска» левого предсердия, 3) общая «маска» обоих предсердий, 4) добавление изображения сердца и общей «маски» предсердий

Model: "model_9"

Layer (type)	Output Shape	Param #	Connected to
input_13 (InputLayer)	[(None, 512, 512, 3)]	0	[]
model_8 (Functional)	[(None, 256, 256, 96), (None, 128, 128, 144), (None, 64, 64, 192), (None, 32, 32, 576), (None, 16, 16, 320)]	1841984	['input_13[0][0]']
sequential_25 (Sequential)	(None, 32, 32, 512)	1476608	['model_8[0][4]']
concatenate_11 (Concatenate)	(None, 32, 32, 1088)	0	['sequential_25[0][0]', 'model_8[0][3]']
sequential_26 (Sequential)	(None, 64, 64, 256)	2507776	['concatenate_11[0][0]']
concatenate_12 (Concatenate)	(None, 64, 64, 448)	0	['sequential_26[0][0]', 'model_8[0][2]']
sequential_27 (Sequential)	(None, 128, 128, 128)	516608	['concatenate_12[0][0]']
concatenate_13 (Concatenate)	(None, 128, 128, 272)	0	['sequential_27[0][0]', 'model_8[0][1]']
sequential_28 (Sequential)	(None, 256, 256, 64)	156928	['concatenate_13[0][0]']
concatenate_14 (Concatenate)	(None, 256, 256, 160)	0	['sequential_28[0][0]', 'model_8[0][0]']
conv2d_transpose_31 (Conv2DTranspose)	(None, 512, 512, 1)	1441	['concatenate_14[0][0]']

Рис. 3. Архитектура обученной модели на основе архитектуры U-net

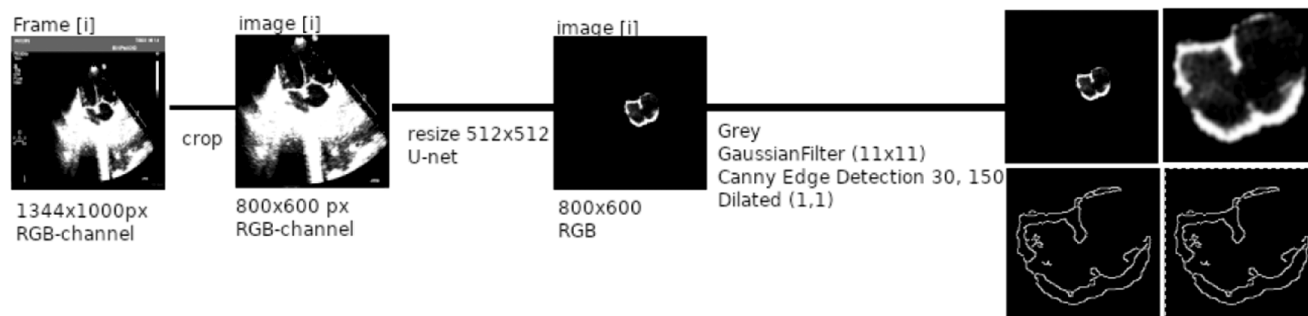


Рис. 4. Алгоритм выделения контура области интереса сердца

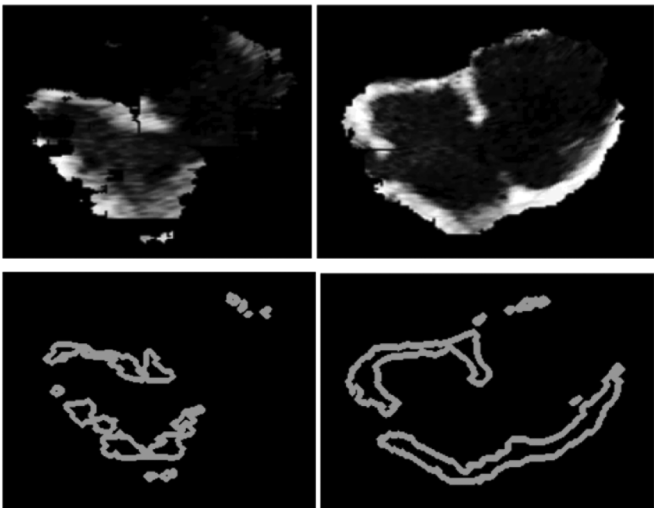


Рис. 5. После получения контура предсердий необходимо найти и зафиксировать полученный результат. Примеры выделения контуров из видеок кадров ЭхоКГ, слева — «сильно зашумленная» область предсердий, справа — чистая от шумов область предсердий

Расчет мгновенного и среднего значений стрейна левого предсердия. После формирования списка типа [[номер_фрейма],[длина]] данные были отсортированы по возрастанию и скопированы в одномерный упорядоченный массив. Затем был использован медианный фильтр для удаления акустического шума (помех) в данных, полученных после расчета длины вектора расстояния между крайними точками. После получения незашумленного сигнала мгновенное значение стрейна рассчитывалась по формуле 1. Для лучшего понимания полученные данные были преобразованы в проценты. В таблице [1] представлены результаты расчета деформации за один цикл сокращения левого предсердия, полученные массивы данных и этапы их преобразования

Таблица 1.
Протокол пошагового расчета мгновенного значения стрейна

Номер кадра	Исходная длина	После фильтрации медианным фильтром	Мгновенное значение стрейна	Мгновенное значение стрейна, %
0	75.610	75.610	0	+0
1	100.004	75.610	0.322	+32
2	52.325	100.004	-0.395	-40
3	121.490	60.440	0.514	+51
4	60.440	91.547	-0.339	-34
5	91.547	60.440	0.032	+3
6	58.051	62.393	0	+0
7	62.393	62.393	0.613	+61
8	112.445	100.687	0	+0
9	100.687	100.687	0	+0
10	80.529	100.687	0.010	+1
11	108.756	101.710	0	+0
12	101.710	101.710	0.010	+1
13	38.948	85.023	0	+0
14	85.023	55.901	-0.164	-16
15	55.901	85.023	-0.342	-34
16	102.004	102.004	0.520	+52
17	128.082	102.004	0.199	+20
18	58.034	123.709	0	+0
19	123.709	111.072	0.212	+21

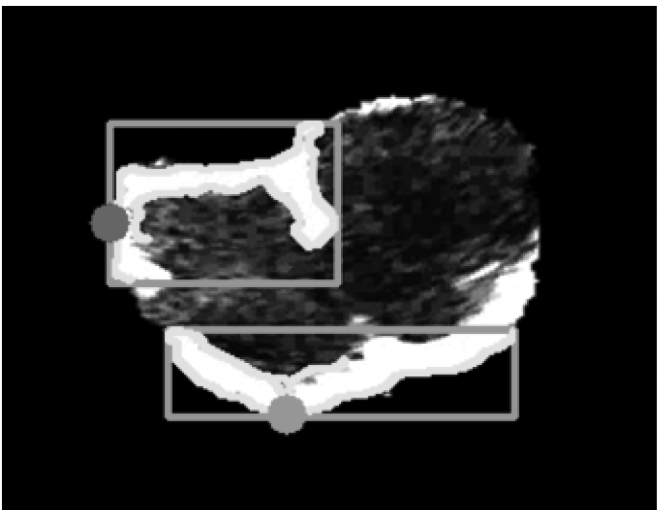


Рис. 6. Результат поиска крайних точек видимых участков стенок левого предсердия.

Номер кадра	Исходная длина	После фильтрации медианным фильтром	Мгновенное значение стрейна	Мгновенное значение стрейна, %
20	111.072	123.709	-0.102	-10
21	150.416	111.072	0.113	+11
22	49.040	91.005	-0.102	-10
23	91.005	91.005	-0.180	-18
24	130.667	91.005	0	+0
25	10	100.498	0	+0
26	100.498	93.005	0.104	+10
27	93.005	93.005	-0.074	-7
28	67.601	93.005	0	+0

Рисунок 7 показывает графики полученных данных и этапы их преобразования.

Обсуждение

Перспективной работой с точки зрения прикладных информационных технологий является решение проблемы сильных акустических шумов (помех) при определении контуров левого и правого предсердий на ЭхоКГ-изображении. Для решения этой задачи авторы планируют использовать метод восстановления нелоцируемой стенки предсердий с помощью генеративно-состязательных нейронных сетей (ГНС), который позволит рассчитывать независимые параметры мгновенной и средней деформации для обоих предсердий и тем самым точнее диагностировать дисфункцию камер сердца, например, при ДМПП.

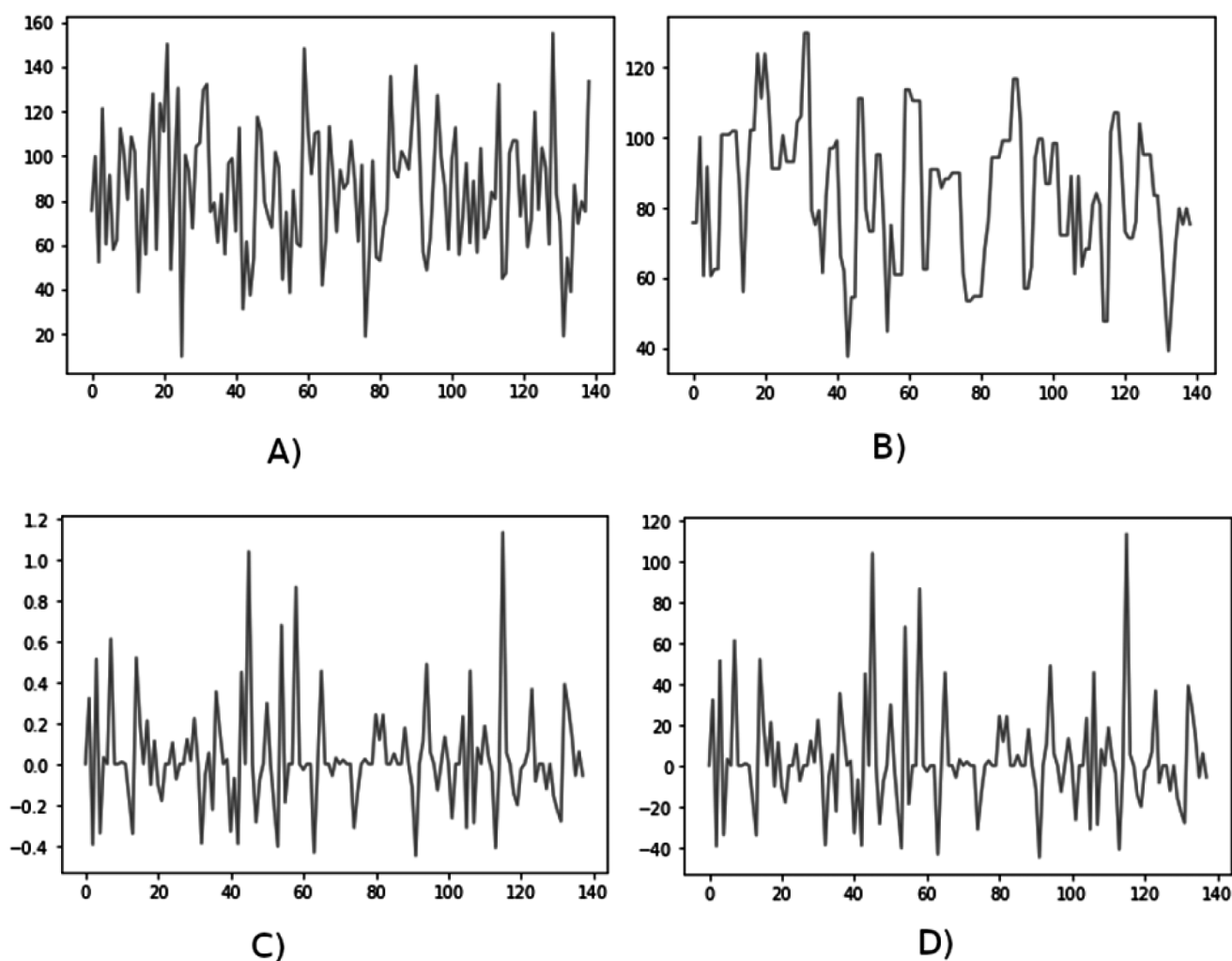


Рис. 7. Графики расчета деформации, где А) — график исходных данных, В) — график данных с использованием медианного фильтра, С) — график мгновенной деформации, D) — процентное отображение мгновенной деформации.

Заклучение

Авторы полагают, что новый параметр (продольная деформация предсердий) даст возможность врачам функциональной диагностики и кардиологам более

корректно и точно определять оптимальные сроки плановой хирургической коррекции ДМПП. Мы считаем целесообразным включение показателей продольной деформации миокарда в протоколы ЭХОКГ, в частности, в процессе диспансерного наблюдения детей с ДМПП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бокерия Л.А., Ким А.И., Зеленикин М.М., Авраменко А.А., Алекая Б.Г., Белов В.А., Богданов В.Н., Борисков М.В., Борисова Н.А., Бродский А.Г., Волков С.С., Гаврилов Р.Ю., Гармаш О.И., Гладышев И.В., Голубова Т.Ф., Горбатилов К.В., Горбатов Ю.Н., Горбачевский С.В., Григорян А.М., Елисеева Л.В., Евтушенко А.В., Иртюга О.Б., Ковалёв И.А., Комиссаров М.И., Кривошеков Е.В., Крупяно С.М., Купряшов А.А., Курганова А.В., Левченко Е.Г., Лежнев А.А., Любчик В.Н., Мартынюк Т.В., Мовсесян Р.Р., Налимов К.А., Никифоров А.Б., Петрушенко Д.Ю., Плотников М.В., Подоксенов А.Ю., Пурсанов М.Г., Свободов А.А., Семеняк Е.Г., Синельников Ю.С., Татаурова В.П., Теплов П.В., Трунина И.И., Черногровов А.Е., Шехмаметьев Р.М., Шляхто Е.В., Шмальц А.А., Яковлева А.Н., Александрова С.А., Барышникова И.Ю., Берген Т.А., Рычина И.Е., Синицын В.Е., Юрпольская Л.А. Дефект межпредсердной перегородки. Клинические рекомендации 2023. Российский кардиологический журнал. 2023;28(8):5588. DOI:10.15829/1560-4071-2023-5588
2. Baumgartner H., De Backer J., Babu-Narayan S.V., Budts W., Chessa M., Diller G., Jung B., Kluin J., Lang I.M., Meijboom F., Moons P., Mulder B.J., Oechslin E., Schwerzmann M., Sondergaard L., Zeppenfeld K. Рекомендации ESC по ведению взрослых пациентов с врожденными пороками сердца 2020. Российский кардиологический журнал. 2021;26(9): 4702. DOI: 10.15829/1560-4071-2021-4702
3. Baumgartner H., De Backer J., Babu-Narayan S.V., Budts W., Chessa M., Diller G-P, Lung B., Kluin J., M Lang I., Meijboom F., Moons P., J. M. Mulder B., Oechslin E., W Roos—Hesselink J., Schwerzmann M., Sondergaard L., Zeppenfeld K., ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Guidelines for the management of adult congenital heart disease: The Task Force for the management of adult congenital heart disease of the European Society of Cardiology (ESC). Endorsed by: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC), International Society for Adult Congenital Heart Disease (ISACHD). European Heart Journal. 2021;42(6):563–645. DOI: 10.1093/eurheartj/ehaa554
4. Elsaka O. et al. Pathophysiology, Investigations, and Management of Atrial Septal Defect // Asian J. Med. Princ. Clin. Pract. 2021. Vol. 4, № 4. P. 207–220.
5. Bhattarai A. et al. Atrial Septal Defect Closure Via Mini Thoracotomy and with Peripheral Cannulation. // J. Nepal Health Res. Counc. Nepal, 2022. Vol. 19, № 4. P. 725–729.
6. Akbar A. et al. Pattern of Vascular Anomalies Associated With Sinus Venosus Atrial Septal Defect // Cureus. 2022.
7. Alkhatieb A. et al. Impact of atrial septal defect device size on biventricular global and regional function: a two-dimensional strain echocardiographic study // Cardiol. Young. 2022. Vol. 32, № 5. P. 746–754.
8. Miki T. et al. Favorable changes of left ventricular function in the circumferential direction following transcatheter atrial septal defect closure: a strain imaging study // Int. J. Cardiovasc. Imaging. 2021. Vol. 37, № 3. P. 903–912.
9. Huang M. et al. Explainable deep neural network for echocardiography view classification // Eur. Hear. J. — Cardiovasc. Imaging. 2022. Vol. 23, № Supplement_1.
10. Duan C. et al. Fully automated mouse echocardiography analysis using deep convolutional neural networks // Am. J. Physiol. Circ. Physiol. 2022. Vol. 323, № 4. P. H628–H639.
11. Kang S. et al. Left ventricle segmentation in transesophageal echocardiography images using a deep neural network // PLoS One / ed. Liu X. 2023. Vol. 18, № 1. P. e0280485.
12. Hamila O. et al. Fully automated 2D and 3D convolutional neural networks pipeline for video segmentation and myocardial infarction detection in echocardiography // Multimed. Tools Appl. 2022. Vol. 81, № 26. P. 37417–37439.
13. Nizar M.H.A. et al. Real-time Detection of Aortic Valve in Echocardiography using Convolutional Neural Networks // Curr. Med. Imaging Former. Curr. Med. Imaging Rev. 2020. Vol. 16, № 5. P. 584–591.
14. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. 2015.
15. Andrews J. Low-Pass Risetime Filters for Time Domain Applications. 2023.
16. Canny J. A Computational Approach to Edge Detection // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 1986. Vol. PAMI-8, № 6. P. 679–698.
17. OpenCV [Electronic resource]. URL: <https://opencv.org/>.
18. LabelMe [Electronic resource]. URL: <http://labelme.csail.mit.edu/Release3.0/>.
19. Eroding and Dilating [Electronic resource] // Open-Source Computer Vision. URL: https://docs.opencv.org/3.4/db/df6/tutorial_erosion_dilatation.html.

© Сакович Виталий Валерьевич (office@krascor.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

Наши авторы

Abdurakhmanova M. — M.F. Vladimirsky State Medical University of the Russian Academy of Sciences

Abdyusheva A. — Institute Oil Refining and Petrochemistry FGBOU VO Ufa State Petroleum Technological University, Salavat

Abuzov A. — Kazan Federal University

Afanasyeva G. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Akhmedova Z. — Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Dagestan State University»

Al janzeer Zualfekar Munif — Postgraduate student, Belgorod State National Research University

Alieva A. — Assistant Professor, Dagestan State Medical University

Alieva U. — Associate Professor, Dagestan State Medical University

Amkhadov I. — Associate Professor, M.F. Vladimirsky State Medical University of the Russian Academy of Sciences

Atlasov I. — Professor, Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia named after V.Ya. Kikot

Avramenko M. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky

Ayupov A. — Postgraduate student, Surgut State University; surgeon, Surgical Department No. 1, Surgut Regional Clinical Hospital

Azizova D. — Candidate of medical sciences, Docent, Kazan Federal University

Bakhteeva G. — Associate Professor, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Bebyakova N. — Professor, Northern State Medical University (Arkhangelsk)

Begaev A. — General Director of JSC «INSEQ»

Bektimirov A. — Post-graduate student, Moscow City University (MCU), Moscow

Our authors

Bersanov R. — Head, Medical Institute of the Chechen State University named after A.A. Kadyrov

Bersanova M. — Teacher, Medical Institute of the Chechen State University named after A.A. Kadyrov

Biyarslanova A. — Independent researcher

Borzdiko E. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky

Chigray O. — Candidate of Biological Sciences, Senior lecturer, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky

Chiskidov S. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Academy of Civil Protection EMERCOM of Russia, Khimki (Moscow Oblast)

Danilov A. — Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Darvin V. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Surgut State University

Davydova N. — Associate Professor, Northern State Medical University (Arkhangelsk)

Dibirov T. — Associate Professor, Dagestan State Medical University

Dolganova M. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky

Dzhabrailova M. — M.F. Vladimirsky State Medical University of the Russian Academy of Sciences

Elin V. — Associate professor, Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia named after V.Ya. Kikot; Financial University under the Government of the Russian Federation

Erokina N. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Esedova A. — Head, Professor, Dagestan State Medical University

Gadzhiev A. — Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Dagestan State University»

Gadzhiev M. — Master's student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Dagestan State Technical University»

Galieva A. — Associate Professor, Northern State Medical University (Arkhangelsk)

Gerasimenko A. — Deputy Chief Physician for Surgical Care, State Budgetary Institution of the Donetsk People's Republic «Republican Oncology Center named after Professor G.V. Bondar»

Golovin I. — Institute of Oil Refining and Petrochemistry of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education USPTU, Salavat

Gorbunov A. — Postgraduate student, Accredited Private Educational Institution of Higher Education «Moscow University of Finance and Law MFUA»; Senior Developer, Click Group LLC

Goryachkin B. — candidate of technical Sciences, associate Professor, Bauman Moscow State Technical University

Idrisov R. — Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Kanaev A. — Bauman Moscow State Technical University

Kapralov S. — Doctor of Medicine Sciences, associate professor, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Kapterev A. — Doctor of Pedagogical Sciences, Doctor of Social Sciences, Professor, Moscow City University (MCU)

Karapetyan G. — candidate of medical sciences, medicine man-orthopedist of the Department of Adult Orthopedics, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics

Karwi Jalal Qais Jamil — Postgraduate student, Belgorod State University

Kashikhin A. — Private University «Reaviz», Saint Petersburg

Kesyan G. — Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Adult Orthopedics, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics

Khairutdinova A. — Candidate of medical sciences, Docent, Kazan Federal University

Kitsyshin V. — Doctor of Medicine, Professor, S.M. Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg

Kolokol'tseva D. — Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Korendyasev S. — Post-graduate student, Moscow City University (MCU), Moscow

Koroleva A. — Post-graduate student, Moscow City University (MCU), Moscow

Krepak I. — graduate student, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow

Krivchikova A. — Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Krivtsov S. — General Director of JSC «Spin»

Kuznetsova M. — Doctor of Economics, Professor, Moscow University of Finance and Law MFUA

Lepilin A. — Doctor of Medical Sciences, Head of the Department, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Levitsky S. — Associate Professor, Northern State Medical University (Arkhangelsk)

Magankov K. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bryansk State Engineering and Technological University»

Makarchuk M. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Prof. V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University»

Makarchuk T. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Prof. V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University»

Makarova D. — Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Mammedov S. — postgraduate student, Medical Institute of the Chechen State University named after A.A. Kadyrov

Marugina T. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Prof. V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University»

Masliakov V. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky; Doctor of Medical Sciences, Professor, Medical University «Reaviz»

Medzhidov Z. — Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Dagestan State University of National Economy»

Mityushin A. — Postgraduate Student, M.F. Vladimirsky State Medical University of the Russian Academy of Sciences

Molyakov A. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Russian State Humanitarian University (Moscow)

Myskiv I. — Postgraduate, National Research University ITMO, St. Petersburg

Neklyudov A. — candidate of technical sciences, associate professor, National Research University, Moscow Power Engineering Institute

Novikova A. — Post-graduate student, Moscow City University (MCU)

Olimpiev S. — postgraduate student, National Research University, Moscow Power Engineering Institute

Onishchenko S. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Surgut State University

Parsheva O. — Bauman Moscow State Technical University

Pervushkina A. — Saint Petersburg State University of Telecommunications named after Professor M.A. Bonch-Bruevich

Petrunkin R. — Private University «Reaviz», Saint Petersburg

Plotnikov G. — Professor, Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia named after V.Ya. Kikot

Polidanov M. — department specialist, Private University «Reaviz», Saint Petersburg

Polshchikov K. — Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State University

Polutov V. — Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Polutova N. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Ponomarev N. — Institute of Oil Refining and Petrochemistry of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education USPTU, Salavat

Popov I. — Candidate of Technical Sciences, National Research University ITMO, St. Petersburg

Razin N. — Kazan Federal University

Rohatina T. — Associate Professor, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Romashkova O. — Doctor of Engineering, Professor, Russian Presidential Academy of National Economy, and Public Administration (RANEPA), Moscow

Rusakov A. — Senior lecturer, MIREA — Russian University of Technology

Ryabtsev N. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bryansk State Engineering and Technological University»

Ryadnova E. — The applicant, S.M. Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg

Sakharov D. — Candidate of Technical Sciences, Saint Petersburg State University of Telecommunications named after Professor M.A. Bonch-Bruevich

Sakovich V. — Doctor, FGBUZ «Federal center by cardiovascular surgery», Krasnoyarsk

Savelyeva S. — Associate Professor, Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky

Serdarov B. — Turkmen State University named after M. Garryev

Shishulina M. — Surgeon, Surgut Clinical Traumatology Hospital

Shuyskiy A. — candidate of medical sciences, medicine man-orthopedist, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics

Smolkina A. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Ulyanovsk State University

Sovpel I. — Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Operating Department, State Budgetary Institution of the Donetsk People's Republic «Republican Oncology Center named after Professor G.V. Bondar

Sovpel O. — Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Oncosurgery Department N6, State Budgetary Institution of the Donetsk People's Republic «Republican Oncology Center named after Professor G.V. Bondar»

Svishchev A. — Senior Lecturer, MIREA — Russian Technological University (RTU MIREA), Moscow

Valiev R. — Head, Institute of Oil Refining and Petrochemistry of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education USPTU, Salavat

Vasiliev V. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Surgut State University; surgeon, Surgical Department No. 1, Surgut Regional Clinical Hospital

Vasilyeva I. — Specialist in radiation and minimally invasive diagnostics of breast diseases, The First Sechenov Moscow State Medical University, head, European Medical Center (Moscow)

Veselov D. — Junior Researcher, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow

Volkov K. — Laboratory Assistant, N.G. Chernyshevsky Saratov National Research State University; Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Volotskova R. — Senior Lecturer, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian Biotechnological University

Yakovlev A. — MIREA – Russian Technological University (RTU MIREA), Moscow

Yurkova O. — Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bryansk State Engineering and Technological University»

Zakoldaev D. — Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, National Research University ITMO, St. Petersburg

Zhibort E. — Associate Professor, Northern State Medical University (Arkhangelsk)

Zykova N. — postgraduate student, Surgut State University

Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе «Антиплагиат».

За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Редакционная коллегия оставляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно-практический журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением ".doc", или ".rtf", шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускаются.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Литература составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные — 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» (e-mail: redaktor@nauteh.ru).