ISSN 2223–2966

СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

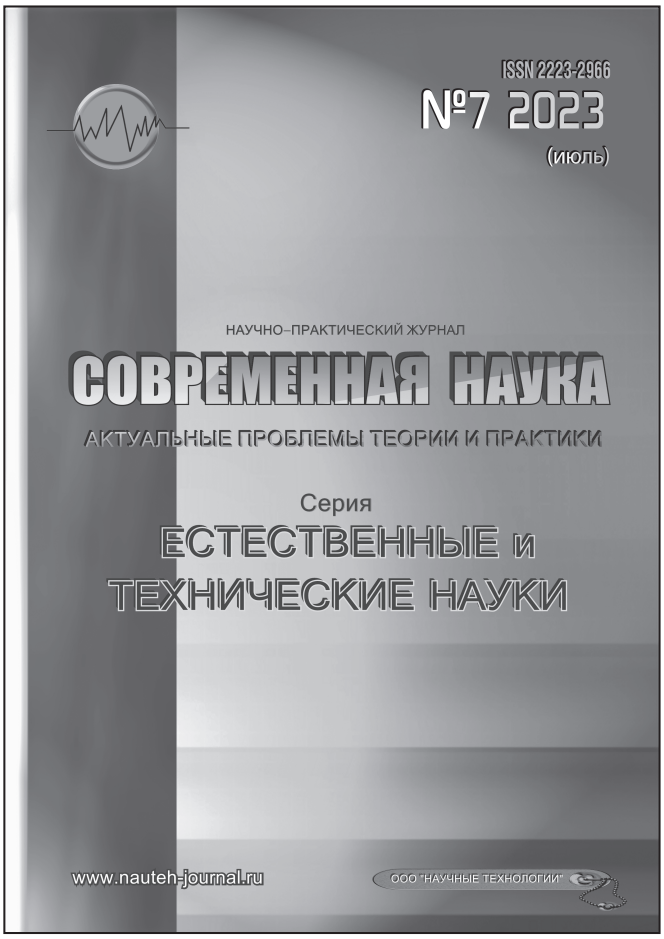
ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№7 2023 (ИЮЛЬ)

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(ВАК – 1.1.2, 1.5.x, 2.3.x, 3.1.x)



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.

В НОМЕРЕ:

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

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.

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

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

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

Подписано в печать 25.07.2023 г. Формат 84x108 1/16
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966

© Журнал Современная наука: актуальные проблемы теории и практики: Серия «Естественные и Технические науки»

Редакционный совет

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Мусинова Э.М., Омарова П.А., Омарова Н.Х., Магомедов А.М., Аскерова Я.Н. — Биоиндикация состояния атмосферного воздуха в г. Махачкала
Musinova E., Omarova P., Omarova N., Magomedov A., Askerova Ya. — Bioindication of atmospheric air in the city of Makhachkala 7

Информатика, вычислительная техника и управление

Агаев А.Ф., Молодяков С.А. — Лемматизация существительных в азербайджанском языке
Aghayev A., Molodyakov S. — Lemmatization of nouns in Azerbaijani language 12

Аль-Духейдахави Муртадха Ахмед Лути, Томашевский Ю.Б. — Системы интерфейса мозг—компьютер на основе ЭЭГ
Al-Duhaidahawi Murtadha Ahmed Luti, Tomashevskiy Yu. — EEG-based brain-computer interface systems.....18

Атаманенко В.А. — Проблемы прогнозирования искусственного интеллекта и его возможности
Atamanenko V. — Problems of artificial intelligence forecasting and its capabilities 22

Бузыкова Ю.С., Зуфарова А.С. — Управление запасами на ОС Android и базы данных Firebase с использованием штрих кодов и QR-кодов
Buzykova Yu., Zufarova A. — Management system on Android OS and Firebase databases using barcodes and QR codes.....26

Во Тхи Хуен Чанг, Квятковская И.Ю., Чан Куок Тоан — Алгоритм поддержки принятия решения для прогноза рейтинга продуктов при отсутствующих оценках на основе меры сходства статистической импликации
Vo Thi Huyen Trang, Kvyatkovskaya I., Tran Quoc Toan — Decision support algorithm for prediction of the rating of products with no ratings based on the measure of similarity of the statistical implication.....32

Гаипов К.Э., Демичева А.А., Демичев М.С., Абрамчик Д.Д., Крикунов И.Л. — Поиск оптимальных маршрутов в беспроводных сетях контурным методом
Gaipov K., Demicheva A., Demichev M., Abramchik D., Krikunov I. — Search for optimum routes in wireless networks by the loop method 36

Голушков Н.А., Кокуев А.Г. — Структура и функциональная блок-схема системы раннего предупреждения об опасных отклонениях в показателях качества воды
Golushkov N., Kokuev A. — Structure and functional block diagram of an early warning system for dangerous deviations in water quality.....41

Горячкин Б.С., Байбарин Р.Г. — Эргономичность взаимодействия компонентов клиент-серверной архитектуры информационной системы
Goryachkin B., Baibarin R. — Ergonomics of the interaction between the components of the client-server architecture of the information system 48

Гуржий А.А. — Анализ закономерностей и функциональных связей в процессах управления IT инфраструктурой коммерческого банка
Gurzhiy A. — Analysis of patterns and functional relationships in the management processes of the information technology infrastructure of a commercial bank.....57

Еремук В.В., Ромашов В.А. — Существующие исследования, методы создания поддельных изображений и способы их обнаружения
Eremuk V., Romashov V. — Existing research, methods for creating fake images and ways to detect them ..62

Кардашова З.Р. — Структура однородных регистровых сред в полях Галуа
Kardashova Z. — Structure of homogenous registry fields in the Galua fields 66

Катаева Л.Ю. — Простой алгоритм плотной упаковки нескольких видов стандартного груза в группу вагонов
Kataeva L. — Simple algorithm of dense packing several types of standard cargoes in a group of wagons 73

© Журнал Современная наука: актуальные проблемы теории и практики: Серия «Естественные и Технические науки»

Козлов Ю.Н. — Компьютерный анализатор дефектов для ультразвуковой дефектоскопии шпилек крепления крышек турбин гидроэлектростанций
Kozlov Yu. — Computer defect analyzer for ultrasonic flaw detection of pins for fixing covers of turbines of hydroelectric power plants 78

Корса-Вавилова Е.В., Науменко Э.В., Гибалов В.И., Божко В.И., Шмелев А.Я. — Управление дозой озона и его концентрацией в процессе водоподготовки
Korsa-Vavilova E., Naumenko E., Gibalov V., Bozhko V., Shmelev A. — Ozone dose and concentration control during water treatment 84

Корса-Вавилова Е.В., Науменко Э.В., Гибалов В.И., Божко В.И., Шмелев А.Я. — Определение оптимальных технологических параметров обработки воды озоном
Korsa-Vavilova E., Naumenko E., Gibalov V., Bozhko V., Shmelev A. — Determination of optimal technological parameters of water treatment with ozone 92

Коршиков С.В. — Модуль «Проверка меню на аллергены» для анализа и подбора меню детям с пищевой аллергией
Korshikov S. — Module «Checking menu for allergens» for analysis and selection of menu to children with food allergies.....97

Кулик С.Д. — Элементы системного анализа (последовательный анализ)
Kulik S. — Elements of system analysis (sequential analysis)..... 102

Ледян Д.И. — Средства управления транспортно-логистическими системами
Ledyan D. — Management tools for transport and logistics systems 108

Наумова Н.А., Барсуков И.А., Машина Е.А., Бострикова Д.К. — Автоматизированный способ генерации тестовых сценариев для проверки корректности переходов между элементами мобильного приложения
Naumova N., Barsukov I., Mashina E., Bostrikova D. — Automated method for generating test scenarios to check the correctness of transitions between mobile application elements 112

Пестракова К.А. — Моделирование системы управления «выбор средств защиты для объектов критических информационных инфраструктур» на основании влияния внешней среды
Pestrakova K. — Simulation of the control system «choice of protection means for objects of critical information infrastructures» based on external influence..... 119

Пиманов А.Е. — Возможности языка программирования VKScript
Pimanov A. — Features of the VKScript programming language..... 123

Плотников В.В., Бикбулатов Р.И., Пирогова А.М. — Проектирование автоматизированной системы поддержки принятия решений банковской сферы в задачах кредитования
Plotnikov V., Bikbulatov R., Pirogova A. — Designing an automated decision support system for the banking sector in lending tasks 127

Семенцов Д.А. — Взаимное влияние организационной структуры и бизнес-процессов
Sementsov D. — Mutual influence of organizational structure and business processes 132

Стрижков В.А. — Экономическая и кадровая безопасность компании в части противодействия инсайдерской угрозе
Strizhkov V. — Economic and personnel security of the company in terms of countering the insider threat 135

Клиническая медицина

Бакудин Г.Г., Трусов И.С. — Клиническое и прогностическое значение инфаркта миокарда при плановой коронарной ангиопластике у пациентов с ИБС
Bakudin G., Trusov I. — Clinical and prognostic significance of myocardial infarction in planned coronary angioplasty in conditions of coronary artery disease 140

Белов А.Н., Белова О.А., Белова Е.А., Бискаев П.О. — Сравнительный анализ эффекта при лечении различных видов остеоартроза коленного сустава гиалуроновой кислотой в сочетании с обогащенной тромбоцитами плазмой

Belov A., Belova O., Belova E., Biskaev P. — Comparative analysis of the effect in the treatment of various t ypes of osteoarthritis of the knee joint with hyaluronic acid in combination with platelet-rich plasma 146

Данилов М.А., Чегодарь А.С., Бодунова Н.А., Хатьков И.Е., Быкова С.В. — Роль генетических предикторов в прогнозировании тяжести болезни Крона
Danilov M., Chegodar A., Bodunova N., Khatkov I., Bykova S. — The role of genetic predictors in predicting the severity of Crohn's disease 150

Доля Е.М., Яцков И.А., Чотчаев Р.М., Авдеева Ю.А., Игнатьева М.А., Малыгина Д.С. — Современные представления о звеньях патогенеза кардиомиопатии Такоцубо или синдрома «разбитого сердца»
Dolya E., Yatskov I., Chotchaev R., Avdeeva Yu., Ignatieva M., Malygina D. — Modern concepts of Takotsubo cardiomyopathy or broken heart syndrome 156

Каримов И.З., Ляхова Е.А., Чотчаев Р.М., Малыгина Д.С., Игнатьева М.А., Борисенко А.Е. — Первичный амебный менингоэнцефалит (неглерия Фоулера): патогенез, диагностика и варианты лечения
Karimov I., Lyakhova E., Chotchaev R., Malygina D., Ignatieva M., Borisenko A. — Primary amoebic meningoencephalitis (Negleria Fowler): pathogenesis, diagnosis and treatment options . . 161

Ковалев И.В., Завьялов А.А., Сухова М.Ю., Бобров Д.Ю. — Особенности лечения плоскоклеточного рака кожи (Клинический случай)
Kovalev I., Zavialov A., Sukhova M., Bobrov D. — Features of the treatment of squamous cell skin cancer (Clinical case). 165

Охотникова Н.О. — Оценка качества жизни пациенток при использовании альтернативных чрескожных доступов в санации внутритазовых экссудативных образований после гинекологических операций
Okhotnikova N. — Assessment of the quality of life of patients using alternative percutaneous approaches in the rehabilitation of intrapelvic exudative formations after gynecological operations 172

Перисаева Э.А., Кульчиев А.А. — Анализ отдаленных результатов резекционных и органосохраняющих методик лечения стеноза пилорического канала язвенной этиологии
Perisaeva E., Kultchiev A. — Analysis of long-term results of resection and organ-preserving methods of treatment of pyloric canal stenosis of ulcerative etiology 176

Пичугина Е.Н., Коннов В.В., Фролкина К.М., Дральщикова А.А., Арушанян А.Р. — Синдром болевой дисфункции височно-нижнечелюстного сустава и его взаимосвязь с дефектами зубных рядов
Pichugina E., Konnov V., Frolkina K., Dralschikova A., Arushanyan A. — The relationship between pain dysfunction syndrome of temporomandibular joint and defects of the dentition 182

Романов М.М., Хафизов И.Р., Хафизов И.Р., Хафизов Р.Г. — Усовершенствованный способ изготовления цельнолитой культевой штифтовой вкладки при декомпенсированной форме патологической стираемости зубов
Romanov M., Khafizov I., Khafizov I., Khafizov R. — Improved method for manufacturing a solid post inlay in decompensated form of pathological teeth abrasion 185

Романов М.М., Хафизов И.Р., Хафизов И.Р., Хафизов Р.Г., Сафарова Г.Н. — Протезирование при декомпенсированной форме патологической стираемости зубов
Romanov M., Khafizov I., Khafizov I., Khafizov R., Safarova G. — Prosthetics in decompensated form of pathological abrasion of teeth 191

Романова Р.О., Куряев И.И., Зюлькина Л.А. — Опыт применения сменной абразивной насадки на кюрету Греси при лечении хронического генерализованного пародонтита средней степени тяжести: клинический случай
Romanova R., Kuriaev I., Zyulkina L. — The experience of using a replaceable abrasive nozzle on the Grecy curette in the restoration of inflammatory periodontal diseases: a developing case 197

Семёнова Ю.А., Семёнова Т.А. — Влияние биологически активных добавок: пищевого коллагена и ОМЕГА-3 на регенеративные способности костной ткани у пациентов в клинике хирургической стоматологии

Semyonova Yu., Semyonova T. — The effect of dietary supplements: food collagen and OMEGA-3 on the regenerative capacity of bone tissue in patients in the clinic of surgical dentistry. 203

Стародубов О.Д., Ефремова О.А., Оболонкова Н.И., Масленников А.А. — Миокардиальные мышечные мостики: патофизиология, механизмы развития атеросклероза, современная тактика диагностики и лечения (литературный обзор)
Starodubov O., Efremova O., Obolonkova N., Maslennikov A. — Myocardial muscle bridges: pathophysiology, mechanisms of atherosclerosis development, modern tactics of diagnosis and treatment (literature review) 208

Шадчнева Н.А., Благовестная Е.И., Середа Е.В., Энзель Д.А. — Влияние COVID-19 на фосфорно-кальциевый обмен
Shadchneva N., Blagovestnaya E., Sereda E., Enzel D. — Impact of COVID-19 on phosphorus and calcium metabolism 215

Информация

Наши авторы. Our Authors 222

Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале 225

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.25

БИОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В Г. МАХАЧКАЛА

BIOINDICATION OF ATMOSPHERIC AIR IN THE CITY OF MAKHACHKALA

E. Musinova
P. Omarova
N. Omarova
A. Magomedov
Ya. Askerova

Summary: The article presents the analysis of atmospheric air pollution in the city of Makhachkala by bioindication methods. The basis of these methods is to establish the presence of the most sensitive representatives of flora and fauna of the area. One of the important elements in monitoring the purity of the environment are representatives of the plant world, as they are most sensitive to the state of nature.

Keywords: Air pollution, pine needles, lichen indication.

Мусинова Эльмира Мугудиновна
канд. биол. наук, доцент, Дагестанский государственный медицинский университет
elmira.musinova@mail.ru
Омарова Патимат Абдулаевна
канд. биол. наук, доцент, Дагестанский государственный медицинский университет
patimattt.omarova2015@gmail.com
Омарова Наира Хабибулаевна
Ассистент, Дагестанский государственный медицинский университет
endocrin13@mail.ru
Магомедов Абдурахман Маллаевич
доктор биол. наук, профессор, Дагестанский государственный медицинский университет
abdurahman57@mail.ru
Аскерова Ягана Наджафовна
Дагестанский государственный медицинский университет
e.askerova2021@gmail.com

Аннотация. В статье приводится анализ загрязнения атмосферного воздуха в городе Махачкала методами биоиндикации. В основу данных методов положено установление наличия по состоянию наиболее чувствительных местных представителей флоры и фауны. Одним из важных элементов мониторинга чистоты окружающей среды являются представители растительного мира, т.к. они наиболее чувствительны к состоянию природы.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, хвоя сосны, лихеноиндикация.

Введение

В соответствии с природоохранительным законодательством Российской Федерации оценка качества окружающей природной среды производится с целью установления предельно допустимых норм воздействия, гарантирующих экологическую безопасность населения, сохранение генофонда и обеспечивающих рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов в условиях устойчивого развития хозяйственной деятельности. Методами биоиндикации определяется наличие в окружающей среде загрязнителя по состоянию определенных организмов, наиболее чувствительных к изменению экологической обстановки. Первые схемы растений-индикаторов горных пород были представлены в конце XIX в. А.П. Карпинским.

Биоиндикация — это определение биологически значимых нагрузок на основе реакций на них живых организмов и их сообществ. В полной мере это относится ко всем видам антропогенных загрязнений. Методы биоиндикации основаны на наблюдениях отдельных организмов, популяции или сообществ организмов в естественной среде обитания с целью определения по их реакциям (изменениям) качества окружающей среды. Основной задачей биоиндикации является разработка методов и критериев, которые могли бы адекватно отражать уровень антропогенных воздействий с учетом комплексного характера загрязнения и диагностировать ранние нарушения в наиболее чувствительных компонентах биотических сообществ. Организмы и сообщества организмов, жизненные функции которых тесно коррелируют с определенными факторами среды и могут применяться для их оценки, называются биоиндикаторами.

Актуальность

Актуальность данной работы обусловлена недостаточностью проведенных исследований на территории города Махачкала. Данная работа поможет определить чистоту атмосферного воздуха на выбранной территорий при помощи анализа состояния живой природы.

Цель и задачи

Определить степень загрязненности города Махачкала по состоянию хвои сосны

В соответствии с поставленной целью выдвинуты следующие задачи:

— Определить участки проведения исследования.
— Изучить состояние сосновой хвои на данной территории.
— Изучить состояние лишайников на выбранной территории.
— Отразить полученные результаты в виде таблицы.

Материал и методы исследования

Материалом для проведения исследования послужили наблюдения, опытов и эксперименты, проведенные авторами, а также база работ, принадлежащих иным авторам, занимающихся данной проблемой.

Результаты и обсуждения

Загрязнение атмосферного воздуха, создающее риск для здоровья населения, является одной из приоритетных экологических и гигиенических проблем. Анализ состояния атмосферного воздуха города за последние годы свидетельствует о наличии негативной тенденции ухудшения санитарно-гигиенических показателей качества воздушной среды. Выбросы от стационарных источников на территории Республики Дагестан меняются в небольших пределах без четко выраженной тенденции и зависят в основном от экономической ситуации. В то же время выбросы от передвижных источников увеличиваются ежегодно вследствие постоянного роста численности автотранспорта. В результате этого наблюдается рост и суммарных выбросов от стационарных и передвижных источников.

Нами рассмотрены загрязняющие вещества, которые имеют достаточно большое время жизни в атмосфере и / или поступают в нее в больших количествах. К таким примесям относятся, прежде всего, пыль, диоксид серы, оксид углерода, оксид азота. Необходимость оценки загрязнения атмосферного воздуха в зоне интенсивного антропогенного воздействия объясняется отсутствием необходимого числа стационарных и маршрутных постов наблюдений на территории города.

Для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха города нами осуществлено наблюдение за содержанием загрязняющих веществ вдоль основных автомагистралей города Махачкалы. В каждой точке отбора определены метеорологические показатели: температура воздуха, влажность, скорость ветра и давление.

Наибольшей запыленностью характеризуются точки отбора 6 (р-н железнодорожного вокзала), 7 (р-он Сулакского поста), 1 (пр. И. Шамиля), 12 (пр. Петра I). Содержание оксида и диоксида азота в атмосферном воздухе выше в точках отбора 12 (пр. Петра I), 11 (пр. Гамидова, пр. И. Шамиля), 13 (пр. Петра I), 3 (пр. Акушинского), 6 (р-он железнодорожного вокзала). Высокие концентрации диоксида серы и сероводорода отмечены на ул. Казбекова, пр. И. Шамиля, пр. Гамидова и пр. А. Султана (точки отбора 4, 1, 8, 9). Концентрация оксида углерода выше в точках отбора вдоль пр. Акушинского, района вокзала и ул. Казбекова (точки отбора 3, 6, 2, 4).

С учетом Гигиенических нормативов ГН 2.1.6.1338-03 содержание пыли, оксида азота, диоксида серы, оксида углерода в атмосферном воздухе не превышает ПДК максимально разовое. Наиболее высокие ИЗА, превышающие ПДКмр., получены для диоксида азота вдоль пр. Гамидова и пр. Петра I; серо-водорода — вдоль пр. И. Шамиля, пр. Гамидова и ул. Казбекова (рис. 1), причем данные вещества относятся ко второму классу опасности. Комплексный индекс загрязнения атмосферного воздуха (КИЗА) наиболее высок для точек отбора вдоль пр. И. Шамиля, пр. Гамидова, пр. Петра I, ул. Казбекова (рис. 2).

С помощью метода лихеноиндикации и по состоянию хвоинок сосны обыкновенной, без дополнительных затрат на сложное и дорогое оборудование и реактивы, можно дать точную оценку степени загрязнения атмосферного воздуха, на что указывает ряд проведенных ранее исследований [1, 3, 6].

Чувствительные растения-индикаторы указывают на наличие загрязняющего вещества в воздухе ранними морфологическими реакциями в своем развитии, а также индикаторное значение имеет, как наличие, так и отсутствие вида на анализируемой территории.

Биомониторинг может осуществляться путем наблюдений за отдельными растениями-индикаторами, популяцией определенного вида и состоянием фитоценоза в целом. На уровне вида обычно производят специфическую индикацию какого-то одного загрязнителя, а на уровне популяции или фитоценоза общего состояния среды [4, 5]. Лишайники используются для наблюдения за распространением в атмосфере более 30 химических элементов: лития, натрия, калия, магния, кальция, стронция, алюминия, титана, ванадия, хрома, марганца, железа, никеля, меди, цинка, кадмия, свинца, ртути, урана, фтора, йода, серы, мышьяка, селена и др. [7, 8].

Многочисленные исследования, проводимые в районах промышленных объектов, на заводских и прилегающих к ним территориях, показывают прямую зависимость между загрязнением атмосферы и сокращением численности определенных видов лишайников. Особая

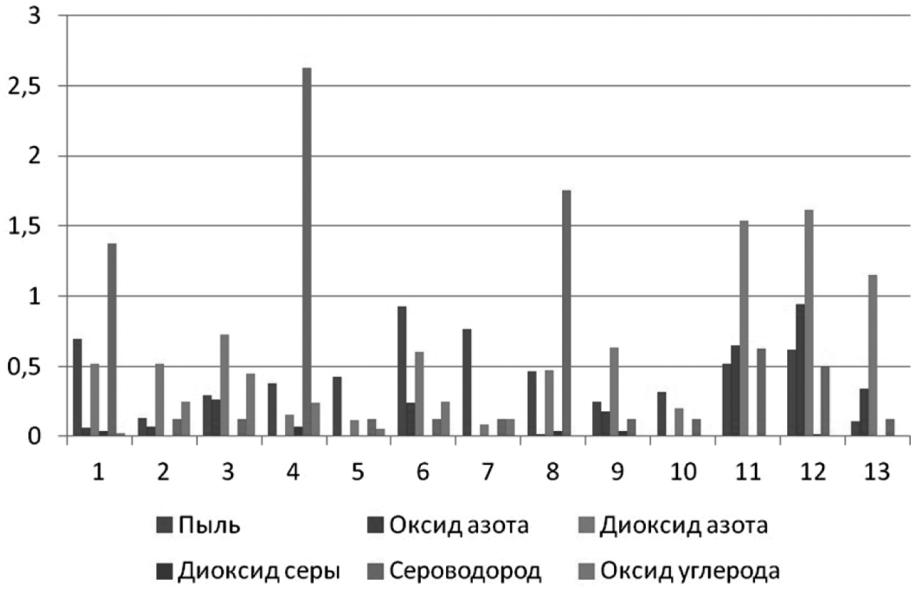


Рис. 1. Индексы загрязнения атмосферного воздуха города Махачкалы основными загрязняющими веществами

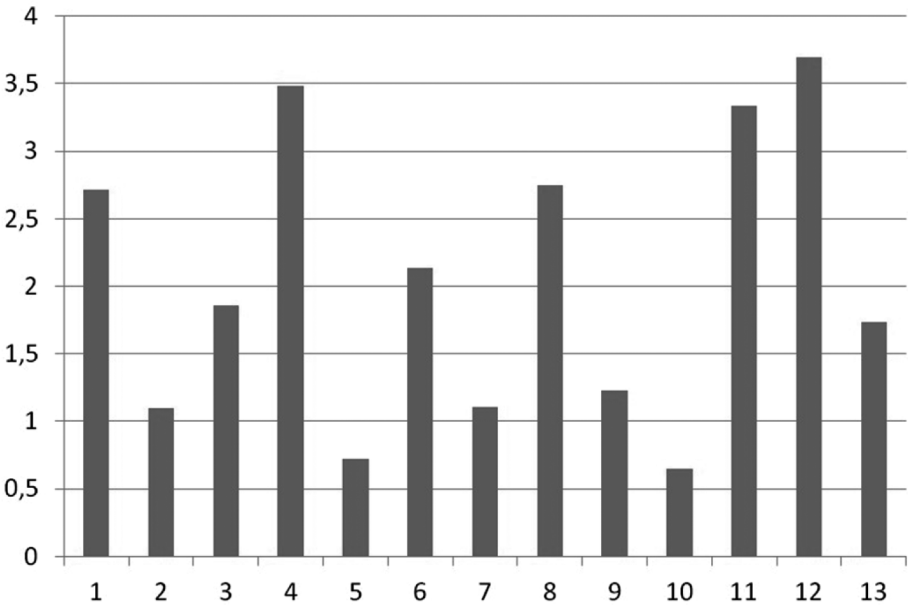


Рис. 2. Комплексный индекс загрязнения атмосферного воздуха (КИЗА) города Махачкалы основными загрязняющими веществами

чувствительность лишайников объясняется тем, что они не могут выделять в окружающую среду поглощенные токсичные вещества, которые вызывают физиологические нарушения и морфологические изменения [9].

По мере приближения к источнику загрязнения слоевища лишайников становятся толстыми, компактными и почти совсем утрачивают плодовые тела, обильно покрываются сорediями. Дальнейшее загрязнение атмосферы приводит к тому, что лопасти лишайников окрашиваются в беловатый, коричневый или фиолетовый цвет, их талломы сморщиваются и погибают.

При изучении загрязнения атмосферного воздуха методом лихеноиндикации проводили обследование деревьев осины обыкновенной (*Populus tremula*). На стволы деревьев с южной стороны на высоте 150 см накладывали учетную площадку (10×10 см). Пробная площадка ограничивалась на стволе деревянной рамкой с натянутой тонкой проволокой с образованием ячеек сечением 0,5×0,5 см. На учетной площади фиксировали, какие виды лишайников встретились, какой процент общей площади рамки занимает каждый растущий вид.

При оценке загрязнения воздуха при помощи метода лихеноиндикации за основу использовали данные табл. 1 и формулу 1 для определения относительной чистоты атмосферы [2, 10].

Таблица 1.

Оценка частоты встречаемости и степени покрытия лишайниками субстрата

Частота встречаемости		Степень покрытия		Балл
Очень редко	Менее 5 %	Очень низкая	Менее 5 %	1
Редко	5–20 %	Низкая	5–20 %	2
Редко	20–40 %	Средняя	20–40 %	3
Часто	40–60 %	Высокая	40–60 %	4
Очень часто	60–100 %	Очень высокая	60–100 %	5

Определение состояния атмосферного воздуха по оценке состояния хвои сосны обыкновенной проводили следующим образом. С ветвей 25 деревьев с южной стороны кроны отбирали по два побега одинаковой длины (примерно по 10–12 см). С них отбирали хвою и визуально оценивали. Степень повреждения и усыхания хвои определяли по шкалам (табл. 2, 3).

Таблица 2.

Классы повреждения хвои сосны обыкновенной

Класс	Повреждение хвои
1	Хвоинки без пятен
2	Небольшое число мелких пятен
3	Большое число чёрных и жёлтых пятен, некоторые из них крупные, во всю ширину хвоинки

Таблица 3.

Классы усыхания хвои сосны обыкновенной

Класс	Усыхание хвои
1	Нет сухих участков
2	Усыхание кончика на 2–5 мм
3	Усохла треть хвоинки
4	Вся хвоинка жёлтая или более половины её длины сухая

Таблица 4.

Показатели загрязнения участков по состоянию хвои сосны

Классы	Участок № 1*		Участок № 2**	
	количество хвоинок, шт.	доля поврежденных и усохших хвоинок, %	количество хвоинок, шт.	доля поврежденных и усохших хвоинок, %
Повреждение хвои				
1 класса	2271	42,5	4947	88
2 класса	1710	32	506	9
3 класса	1362	25,5	168	3
Усыхание хвои				
1 класса	3446	64,5	5199	92,5
2 класса	721	13,5	197	3,5
3 класса	1176	22	225	4
4 класса	0	0	0	0
Исследовано хвоинок	5343	100	5621	100

Выводы

1. Биоиндикация с помощью растений — один из важнейших и доступных методов экологического мониторинга. Однако, используя этот метод, следует учитывать то, что лишайники и сосна обыкновенная, как и любые живые организмы, откликаются на различные изменение среды. Поэтому в природе часто невозможно установить конкретную причину тех или иных повреждений. Иногда простое воздействие температуры или влажности может перекрывать влияние загрязнения.
2. Состояние атмосферы г. Махачкала является приемлемым для человека, однако условия городской среды оказывают негативное влияние на чистоту воздуха. Методика биондикации по состоянию хвои сосны зарекомендовала себя, как более чувствительная, поскольку различия между учетными площадками проявились более контрастно.
3. По результатам лихеноиндикационных исследований и состояния хвои сосны можно провести картографирование территории, используя индексы, которые позволяют оценить степень загрязненности воздуха населенных пунктов, а зачастую также отыскать источник выбросов в атмосферу — оконтурить его.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блюм, О.Б. Влияние газообразных загрязнителей на лишайники / О.Б. Блюм. Таллинн: Международная школа по лихеноиндикации, 1984. С. 35–51.
2. Бученков, И.Э. Спецпрактикум по биоэкологии. Часть 1. Растения / И.Э. Бученков, Е.Р. Грицкевич. Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2014. 94 с.
3. Бязров, Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге / Л.Г. Бязров. — М.: Научный мир, 2002. 336 с.
4. Загрязнения воздуха и жизнь растений / под. ред. М. Трешоу. — Л.: Гидрометеоиздат, 1998. — 380 с.
5. Маннинг, У.Дж. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений / У. Дж. Маннинг, У.А. Федер. — М.: Гидрометиоиздат, 1985. 143 с.
6. Мелехова, О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений — 2-е издание испр. / О.П. Мелехова, Е.И. Сарапульцева, Т.И. Евсеева. М.: Издательский центр «Академия», 2008. С. 146–153.
7. Пчелкин, А.В. Методы лихеноиндикации загрязнений окружающей среды: методическое пособие / А.В. Пчелкин, А.С. Боголюбов. М.: Экосистема, 1997. 315 с.
8. Удянская, Е.А. Изучение атмосферного загрязнения городской среды на основе чувствительности лишайников / Е.А. Удянская. — Белгород: БелГУ, 2001. — С. 67–74.
9. Чеснокова, С.М. Лихеноиндикация загрязнения окружающей среды: практикум / С.М. Чеснокова. Владимир: Владим. гос. ун-т, 1999. 36 с.
10. Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие / под ред. Т.Я. Ашихминой. М.: Академический проект, 2006. 416 с.

© Мусинова Эльмира Мугудиновна (elmira.musinova@mail.ru); Омарова Патимат Абдулаевна (patimattt.omarova2015@gmail.com);
Омарова Наира Хабибулаевна (endocrin13@mail.ru); Магомедов Абдурахман Маллаевич (abdurahman57@mail.ru);
Аскерова Ягана Наджафовна (e.askerova2021@gmail.com).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.01

ЛЕММАТИЗАЦИЯ СУЩЕСТВИТЕЛЬНЫХ В АЗЕРБАЙДЖАНСКОМ ЯЗЫКЕ

Агаев Аслан Фахри оглы
Аспирант, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
agaev.af@edu.spbstu.ru
Молодяков Сергей Александрович
д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
molodyakov_sa@spbstu.ru

Аннотация. В данной работе представлен алгоритм лемматизации существительных азербайджанского языка на основе правил и регулярных выражений. Эффективность алгоритма была оценена с использованием тестов на производительность и точность. Результаты показали высокую точность и эффективность разработанного алгоритма, что делает его привлекательным для использования в системах обработки естественного азербайджанского языка.

Ключевые слова: лемматизация, азербайджанский язык, существительные, регулярные выражения, обработка естественного языка, морфологический анализ.

LEMMATIZATION OF NOUNS IN AZERBAIJANI LANGUAGE

A. Aghayev
S. Molodyakov

Summary: This paper presents a rule-based and regular expression-based lemmatization algorithm for Azerbaijani language nouns. The algorithm's effectiveness was evaluated using performance and accuracy tests. The results demonstrated high accuracy and efficiency of the developed algorithm, making it attractive for use in natural language processing systems for the Azerbaijani language.

Keywords: lemmatization, Azerbaijani language, nouns, regular expressions, natural language processing, morphological analysis.

Введение

Обработка естественного языка (Natural Language Processing, NLP) является разделом искусственного интеллекта, который изучает взаимодействие между компьютерами и человеческим языком с целью автоматического понимания, интерпретации и генерации текста. NLP использует множество алгоритмов и методов для анализа текста, извлечения информации, автоматического перевода и других задач, связанных с обработкой текстов на различных языках.

Большие языковые модели, такие как LLaMA [1], являются высокоэффективными и популярными инструментами в области NLP. Они обучены на огромных объемах данных и способны выполнять широкий спектр задач, связанных с обработкой и генерацией текста. Благодаря своей мощности и универсальности, такие модели существенно повышают качество обработки текста и предоставляют новые возможности для разработки приложений на основе языка.

Однако, несмотря на успехи больших языковых моделей, базовые инструменты NLP для конкретных языков, особенно менее популярных, по-прежнему актуальны. Среди причин их актуальности можно выделить:

— Лингвистическое разнообразие: создание инструментов NLP для разных языков способствует лингвистическому разнообразию и помогает, чтобы менее популярные языки не оставались в стороне в эпоху цифровых технологий.
— Научные исследования и инновации: работа над менее популярными языками может привести к интересным научным вызовам и инновациям в области NLP.
— Расширение доступности искусственного интеллекта: поскольку приложения на основе искусственного интеллекта и NLP продолжают расширяться, обеспечение доступности таких технологий для носителей менее популярных языков может содействовать созданию более инклюзивных систем на основе искусственного интеллекта.

Таким образом, противопоставляя базовые инструменты NLP большим моделям, в пользу первых можно сказать следующее: большие модели требуют большого количества ресурсов, которые не всегда доступны для менее популярных языков; большие модели сложнее использовать для выполнения узкоспециализированных задач в конкретной доменной области; базовые инструменты NLP часто являются необходимыми элементами при создании больших языковых моделей.

Исходя из вышеперечисленных соображений, можно с уверенностью заявить, что создание лемматизатора для азербайджанского языка является актуальной и важной задачей.

Одним из базовых инструментов NLP является лемматизация [2]. Лемматизация — это процесс преобразования слова в его базовую форму или лемму. Этот инструмент играет важную роль в анализе текста, упрощая

процесс обработки и позволяя компьютерам группировать различные формы одного слова для более точного анализа контекста и извлечения информации.

В данной статье мы описываем алгоритм лемматизации для азербайджанского языка. Возможные применения лемматизации включают информационный поиск, машинный перевод, анализ тональности текста, извлечение информации и другие задачи NLP. Разработка такого инструмента имеет особую актуальность в свете недостатка специализированных ресурсов и инструментов для азербайджанского языка в сравнении с более широко распространенными языками.

Алгоритм лемматизации, представленный в данной работе, основывается на морфологическом анализе азербайджанского языка и учете его особенностей. Мы исследуем различные подходы к лемматизации, сравниваем их эффективность и предлагаем оптимальный подход для азербайджанского языка. В процессе разработки алгоритма мы также учитываем особенности морфологии азербайджанского языка.

В нашем исследовании мы также анализируем существующие корпусы азербайджанского языка, ресурсы и инструменты, доступные для работы с ним, и определяем потребности в дополнительных ресурсах и улучшении существующих инструментов. Мы проводим эксперименты, чтобы оценить производительность предложенного алгоритма лемматизации и сравнить его с альтернативными подходами и существующими инструментами.

Обзор существующих решений

Существует несколько подходов к лемматизации, и в этой главе рассматриваются три распространенных метода: основанные на правилах, основанные на поиске и основанные на машинном обучении.

Алгоритмы основанной на правилах лемматизации основаны на наборе предопределенных лингвистических правил и морфологических преобразований для определения леммы слова. Эти правила, как правило, разрабатываются лингвистическими экспертами и могут включать удаление аффиксов, преобразование неправильных глаголов или изменение множественных форм на единственное число. Основанные на правилах методы зависят от языка и требуют глубокого понимания морфологии и грамматики целевого языка.

Известный основанный на правилах лемматизатор — это алгоритм Портера, разработанный Мартином Портером в 1980 году. Хотя это в основном алгоритм стемминга, он работает на основе основанного на правилах принципа, применяя преобразования к словам для их сведения к базовой форме [3].

Лемматизация на основе поиска использует предварительно созданный словарь или лексикон, содержащий словоформы и соответствующие им леммы. Получив на вход слово, алгоритм ищет его в лексиконе и возвращает связанную лемму. Этот подход подходит для языков с ограниченным числом неправильных форм или языков с простой морфологией. Однако он может не сработать хорошо для сильно флективных языков, так как размер лексикона может стать громоздким.

Лемматизатор WordNet, являющийся частью библиотеки Natural Language Toolkit (NLTK) для Python, является пример ом лемматизатора на основе поиска. Он основан на лексической базе данных WordNet для выполнения лемматизации [4].

Алгоритмы лемматизации на основе машинного обучения используют методы обучения с учителем или без учителя для определения леммы слова. Эти методы могут автоматически изучать сложные морфологические правила из обучающих данных, делая их более адаптивными к новым языкам и языковым вариациям. Методы с учителем требуют размеченных обучающих данных, в то время как методы без учителя могут изучать закономерности из неразмеченного текста.

Выдающимся примером лемматизатора на основе машинного обучения является нейронная модель последовательность-к-последовательности [5]. Этот подход заключается в обучении нейронной сети предсказывать лемму данной словоформы путем преобразования ее в последовательность символов и изучения отображения между входными и выходными последовательностями.

Основанные на правилах подходы: основанные на правилах методы могут быть сложными в разработке, особенно для языков с богатой морфологией и неправильными формами. Они также могут потребовать значительного времени и усилий для поддержания и обновления правил и словарей, чтобы соответствовать изменениям языка.

Подходы на основе поиска: эти методы зависят от наличия полного и точного словаря, что может быть проблемой для малоизученных языков. Кроме того, поиск по словарю может быть медленным и неэффективным для больших объемов данных.

Методы на основе машинного обучения: модели машинного обучения могут быть сложными в настройке и требовать больших вычислительных ресурсов. Они также могут потребовать больших размеченных обучающих данных, что может быть проблемой для малоизученных языков.

В случае азербайджанского языка, основанный на правилах подход может быть предпочтительным по следующим причинам:

Контролируемость: основанные на правилах методы позволяют разработчикам иметь полный контроль над процессом лемматизации, что может облегчить отладку и устранение ошибок.

Прозрачность: правила и словари могут быть легко понятыми и анализируемыми, что делает подход более интерпретируемым и объяснимым.

Отсутствие необходимости в больших обучающих данных: основанные на правилах методы не требуют размеченных обучающих данных, что может быть особенно полезно для малоизученных языков, где такие данные могут быть недоступны или ограничены.

Низкие вычислительные требования: основанные на правилах методы обычно требуют меньше вычислительных ресурсов, чем подходы на основе машинного обучения, что делает их более доступными для широкого круга пользователей и приложений.

Выбор основанного на правилах подхода для азербайджанского языка может быть обусловлен его преимуществами в контролируемости, прозрачности и доступности. Однако стоит отметить, что эффективность основанного на правилах подхода может зависеть от качества разработанных правил и словарей, а также от особенностей морфологии азербайджанского языка.

Тем не менее, основанный на правилах подход может быть хорошим началом для работы с азербайджанским языком, особенно если нет доступа к большим размеченным данным или достаточным вычислительным ресурсам для использования методов машинного обучения. В долгосрочной перспективе, с развитием технологий и наращиванием доступных данных, можно рассмотреть возможность интеграции других подходов к лемматизации. Это может помочь дополнить и улучшить основанные на правилах методы, особенно в сложных и неоднозначных случаях, и сделать лемматизацию более гибкой и адаптивной.

Один из сравнительно новых основанных на правилах подходов к лемматизации для турецкого языка был представлен в статье «A Morphology-based Turkish Text Lemmatizer» в 2016 году [6] . Этот подход использует морфологические правила, основанные на агглютинативной структуре турецкого языка, и был разработан с использованием открытого морфологического анализатора для турецкого языка под названием Zemberek.

В этом подходе лемматизация осуществляется в два этапа:

Морфологический анализ: Текст анализируется с помощью Zemberek, который разбивает слова на морфемы и определяет их морфологические характеристики, такие как время, род и падеж.

Применение правил лемматизации: на основе полученной информации разрабатываются правила лемматизации, которые позволяют определить основу слова и сопоставить ее с соответствующей леммой. Эти правила учитывают морфологические свойства слова и агглютинативную структуру турецкого языка.

Авторы статьи заявляют, что этот подход показывает хорошие результаты для турецкого языка, достигая точности лемматизации более 95 %. Они также отмечают, что метод может быть дополнен другими подходами, такими как машинное обучение, для дальнейшего улучшения качества лемматизации [7].

Предлагаемый подход

В данной статье предлагается использовать подход на основе регулярных выражений для реализации алгоритма лемматизации азербайджанских существительных. Подход на основе регулярных выражений обладает рядом преимуществ по сравнению с другими методами, такими как конечные автоматы (состояния) или морфологические анализаторы [8].

Во-первых, регулярные выражения предоставляют компактный и четкий способ описания грамматических правил, что облегчает чтение и понимание кода. Это также упрощает добавление новых правил и корректировку существующих, что повышает гибкость алгоритма и его применимость к различным вариантам языка [10].

Во-вторых, регулярные выражения являются стандартным инструментом для работы со строками в большинстве языков программирования. Использование встроенных возможностей языка программирования обеспечивает оптимальную производительность и надежность алгоритма, снижая вероятность возникновения ошибок и упрощая процесс отладки [9].

Тем не менее, подход на основе регулярных выражений может быть менее наглядным и трудным для понимания для сложных грамматических структур по сравнению с подходами, используемыми конечные автоматы или морфологические анализаторы. Однако для задачи лемматизации азербайджанских существительных с представленным набором грамматических правил подход на основе регулярных выражений оказывается более простым и эффективным.

Таким образом, в данной статье предлагается использовать подход на основе регулярных выражений для

лемматизации азербайджанских существительных, так как он обеспечивает простоту, гибкость и высокую производительность.

Алгоритм лемматизации на основе правил и регулярных выражений

В рамках данной работы был разработан алгоритм лемматизации для азербайджанских существительных на основе правил и регулярных выражений. Основное преимущество данного подхода заключается в оптимальности решения, так как регулярные выражения позволяют эффективно работать со строками и обрабатывать сложные правила морфологии языка.

Алгоритм начинает работу с определения порядка суффиксов для существительных азербайджанского языка. Лемма (корень слова) может быть расширена суффиксами нескольких типов. Список возможных суффиксов приведен в табл. 1.

Таблица 1.

Список суффиксов

Тип	Список суффиксов
Принадлежность	‘ım’, ‘im’, ‘um’, ‘üm’, ‘m’, ‘ımız’, ‘imiz’, ‘umuz’, ‘ümüz’, ‘mız’, ‘miz’, ‘muz’, ‘müz’, ‘ın’, ‘in’, ‘un’, ‘ün’, ‘n’, ‘ınız’, ‘iniz’, ‘unuz’, ‘ünüz’, ‘nız’, ‘niz’, ‘nuz’, ‘nüz’, ‘ı’, ‘i’, ‘u’, ‘ü’, ‘sı’, ‘si’, ‘su’, ‘sü’
Падеж	‘ın’, ‘un’, ‘ün’, ‘in’, ‘a’, ‘ə’, ‘ya’, ‘yə’, ‘i’, ‘ı’, ‘u’, ‘ü’, ‘da’, ‘də’, ‘dan’, ‘dən’
Число	‘lar’, ‘lər’
Соединители	‘y’, ‘n’, ‘s’

Важно отметить, что некоторые суффиксы могут следовать только за определенными суффиксами, а некоторые переходы не являются возможными. Это влияет на порядок и правила обработки суффиксов в алгоритме. Возможный порядок употребления суффиксов проиллюстрирован на рис. 1.

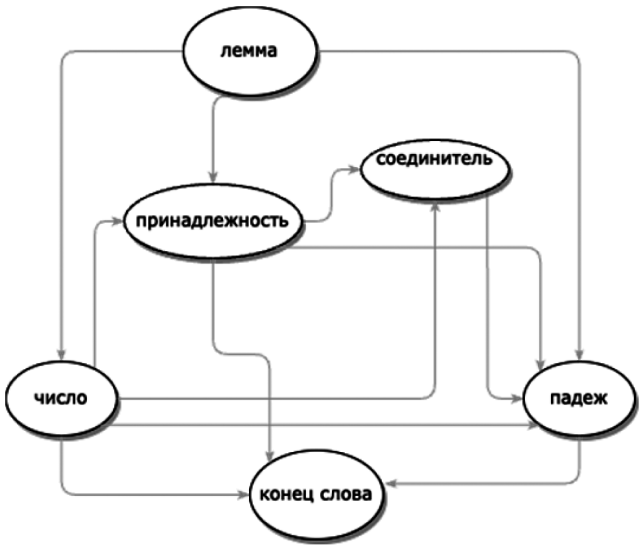


Рис. 1. Возможный порядок употребления суффиксов

Происходит поиск возможных цепочек суффиксов в соответствии с указанным порядком употребления. Путем отсечения цепочек суффиксов формируются возможные леммы и добавляются в список кандидатов.

Далее происходит ранжирование списка кандидатов.

Результатом применения алгоритма является список лемм с указанием степени достоверности. Основные этапы работы алгоритма приведены на рис. 2.

Рис. 2. Этапы работы алгоритма

Расчет степени достоверности возможных лемм происходит следующим образом:

— Если найдено больше одной возможной леммы, каждая из лемм получает степень достоверности $p = \frac{1}{n}$, где n — количество возможных лемм.

— Проверяется наличие каждой леммы в имеющемся словаре. Если лемма не найдена в словаре, ее степень достоверности уменьшается в два раза.

Далее список возможных лемм сортируется согласно степени достоверности и длине, то есть если две возможные леммы имеют одинаковую степень достоверности, приоритет будет отдан более длинной. Выходным параметром алгоритма является список лемм с указанием степеней достоверности.

Таким образом, разработанный алгоритм лемматизации на основе правил и регулярных выражений предоставляет эффективное и оптимальное решение для обработки азербайджанских существительных. Он учитывает морфологические особенности языка и обеспечивает корректное определение лемм слов с учетом порядка и возможных комбинаций суффиксов.

Результаты

Алгоритм был реализован на языке программирования Python 3.

Для проведения экспериментов и оценки алгоритма лемматизации использовался орфографический словарь азербайджанского языка 2021 года. Этот словарь содержит обширную коллекцию слов и является хорошим источником данных для анализа и проверки работы алгоритма.

Тестовые данные для измерения точности лемматизации были составлены на основе статей Википедии на азербайджанском языке, из которых были извлечены только существительные. Это позволило создать репрезентативный набор данных для оценки работы алгоритма. Для проведения экспериментов был использован набор из 1000 существительных.

Производительность алгоритма лемматизации была оценена путем измерения времени работы программы, реализующей алгоритм. Результаты тестов показали следующие значения:

Среднее время обработки одного слова: 3 мс.

Среднее количество обработанных слов в секунду: 333 слов/сек.

Однако следует отметить, что скорость работы алгоритма не может быть напрямую сравнена с результатами других исследований и методов лемматизации, так как факторы, влияющие на производительность, могут сильно различаться. К таким факторам относятся аппаратные характеристики, используемые программные библиотеки и даже реализация самого алгоритма.

Приведем пример лемматизации слова с помощью разработанной программы в табл. 2.

Таблица 2.

Пример обработки слова алгоритмом

Входное слово	Входное слово с указанием суффиксов	Найденная лемма
evlərindən (перевод: из их домов)	ev — lər (число) — in (принадлежность) — n (соединитель) — dən (падеж)	ev Степень достоверности: 1 (слово найдено в словаре)

Для оценки точности алгоритма лемматизации был проведен анализ правильности определения лемм на основе тестовых данных, составленных из существительных Википедии. Результаты эксперимента показали следующую точность:

Точность лемматизации составила 94 %.

Это свидетельствует о высокой точности и эффективности разработанного алгоритма лемматизации на основе правил и регулярных выражений для азербайджанского языка.

Заключение

В рамках данной работы была достигнута поставленная цель — разработан эффективный лемматизатор для существительных азербайджанского языка. В качестве подхода был выбран алгоритм лемматизации на основе правил и регулярных выражений, что оказалось оптимальным решением в текущей ситуации.

Полученные результаты оказались весьма обнадеживающими и близкими к идеальным, что свидетельствует о высокой эффективности разработанного алгоритма. Точность лемматизации составила 94 %, что является хорошим показателем для сложной морфологии азербайджанского языка.

Разработанный лемматизатор является важным шагом вперед в области обработки естественного языка для азербайджанского языка и создает основу для дальнейшего развития морфологического анализа азери. Возможные направления для дальнейшей работы включают расширение алгоритма для обработки других частей речи, улучшение точности лемматизации и интеграция с другими компонентами систем обработки естественного языка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Touvron, Hugo et al. «LLaMA: Open and Efficient Foundation Language Models». ArXiv abs/2302.13971 (2023).
2. Hotho, A., Nürnberger, A., & Paaß, G. (2005). A Brief Survey of Text Mining. LDV Forum, 20(1), 19–62.
3. Porter, M.F. (1980). An algorithm for suffix stripping. Program, 14(3), 130–137
4. Fellbaum, C. (Ed.). (1998). WordNet: An Electronic Lexical Database. MIT Press.
5. Kann, K., & Schütze, H. (2016). Single-Model Encoder-Decoder with Explicit Morphosyntactic Decoding for Morphological Disambiguation. In Proceedings of the 26th International Conference on Computational Linguistics: Technical Papers (COLING 2016), pp. 1051–1061.
6. Özçelik, R., & Eryiğit, G. (2016). A Morphology-based Turkish Text Lemmatizer. In Proceedings of the Tenth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2016), pp. 2811–2815.
7. Kondratyuk, D., & Straka, M. (2019). 75 Languages, 1 Model: Parsing Universal Dependencies Universally. Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP).
8. Köksal, A., & Özgür, A. (2016). A Morphology-based Turkish Text Lemmatizer. In Proceedings of the Tenth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'16).
9. Jurafsky, D., & Martin, J.H. (2009). Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition.
10. Chapelle, C.A. (2012). The Encyclopedia of Applied Linguistics. Malden, MA: Wiley-Blackwell.

© Агаев Аслан Фахри оглы (agaev.af@edu.spbstu.ru); Молодяков Сергей Александрович (molodyakov_sa@spbstu.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.02

СИСТЕМЫ ИНТЕРФЕЙСА МОЗГ—КОМПЬЮТЕР НА ОСНОВЕ ЭЭГ

EEG-BASED BRAIN-COMPUTER INTERFACE SYSTEMS

Al-Duhaidahawi Murtadha Ahmed Luti
Yu. Tomashevskiy

Summary: Brain-computer interfaces (BCIs) can recognize patterns of mental activity using various computer algorithms to control external devices. The electroencephalogram (EEG) is the most commonly used for BCI due to its convenience. Therefore, more and more BCIs have been developed for people with disabilities suffering from a stroke or spinal cord injury. We present general BCI models, signal processing approaches, and feature delineation. We then look at the various combined modes of composite BCIs and look at the design of synchronous/asynchronous BCIs. We will also discuss general methods of control.

Keywords: Brain-computer interface, electroencephalogram, support vector machine, error matrix, bionics.

Аль-Духейдахави Муртадха Ахмед Лути
Аспирант, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
Murtazalute7@gmail.com
Томашевский Юлий Болеславович
Доктор технических наук, профессор, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
tomash@sstu.ru

Аннотация. Мозго-компьютерные интерфейсы (BCI) могут распознавать модель умственной деятельности при помощи различных компьютерных алгоритмов с целью управления внешними устройствами. Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) является наиболее часто используемой для ИМК благодаря ее удобству. Поэтому все больше BCI стали разрабатываться для людей с ограниченными возможностями, страдающих от инсульта или же травмы спинного мозга. Мы представляем общие модели BCI, подходы обработки сигналов и разграничения особенностей. Затем мы рассмотрим разнообразные комбинированные режимы составных BCI и рассмотрим устройство синхронных/асинхронных BCI. Также обсудим общие способы управления.

Ключевые слова: интерфейс «мозг—компьютер», электроэнцефалограмма, метод опорных векторов, матрица ошибок, bionics.

Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) — один из наиболее распространенных подходов, используемых в системах интерфейса мозг-компьютер (BCI). Система BCI на основе ЭЭГ может восстановить нервно-мышечный аппарат с помощью внешнего устройства. Импульсы мозга, регистрируемые электродом, помещенным на кожу головы, преобразуются в команды для управления роботизированной рукой, экзоскелетом, инвалидной коляской или другим роботом. В ИМК на основе ЭЭГ существует множество парадигм, таких как образы движений (ИМ), основанные на связанной с событием десинхронизации/синхронизации (ERD/ERS), именуемые сенсомоторными ритмами (SMR), образы ощущений, основанные на соматосенсорные, потенциалы ориентации внимания (SAO), стационарные зрительные вызванные потенциалы (SSVEP), стационарные соматосенсорные вызванные потенциалы (SSSEP), потенциалы P300 и медленные корковые потенциалы (SCP).

Эта статья организована следующим образом: в разделе 2 рассматриваются методы обработки сигналов ЭЭГ. В разделе 3 рассматривается конструкция гибридных BCI. Затем в разделе 4 описываются синхронные и асинхронные системы. Наконец, в разделе 5 описывается метод совместного управления.

Существует несколько популярных парадигм ЭЭГ для разработки BCI. В данной статье рассмотрены алгоритмы обработки сигналов для трех распространенных парадигм, включая MI, SSVEP и P300. Парадигма ИМ, рассматриваемая как спонтанная ЭЭГ, основана на изменении ритмической активности при ЭРД/ЭРС. Испытуемые обычно представляют движение правой или левой руки в соответствии с двухмерным курсором на экране. Затем паттерны ЭЭГ могут быть распознаны алгоритмом обработки сигналов. В парадигме SSVEP BCI частотный спектр ЭЭГ относится к частоте мерцающего стимула, на котором фокусируется субъект. SSVEP — это ЭЭГ с вызванным ответом, преимуществом которого является отсутствие необходимости в обучении и высокая точность классификации паттернов. Вызванные потенциалы P300 возникают примерно через 300 мс после намерения на какой-либо менее вероятный стимул, такой как нечастые слуховые, визуальные, или соматосенсорных раздражителей. Типичная парадигма P300 обычно включает матрицу букв, цифр или других символов, или команд.

Чтобы получить высокую точность классификации, необработанные сигналы ЭЭГ должны быть предварительно обработаны перед выделением признаков из-за низкого отношения сигнал/шум.

1. Выбор канала. Для ИМК на основе ИМ некоторые каналы дискретизации ЭЭГ тесно связаны с сенсомоторными ритмами, такими как CP6, CP4, CP2, C6, C4, C2, FC6, FC4, FC2, CPZ, CZ, FCZ, CP1, CP3, CP5, C1, C3, C5, ФК1, ФК3 и ФК5. Удаление несвязанных

каналов может улучшить извлечение пространственных признаков. SSVEP и P300 связаны со зрительной корой, поэтому можно выбрать соответствующие каналы, такие как P7, PO7, O1, Oz, O2, PO8 и P8.

2. Настройка временного окна. Для более точного распознавания картины ЭЭГ необходимо вырезать соответствующую длину сигнального сегмента в соответствии с задачами мыслительной деятельности.
3. Удаление артефактов. Артефакты — это нежелательные сигналы, которые могут снизить эффективность ИМК на основе ЭЭГ, включая электроокулографию (ЭОГ), электромиографию (ЭМГ), электрокардиографию (ЭКГ) и технические артефакты, такие как шумы в линиях электропередач. Линейная фильтрация является распространенным методом удаления артефактов, поскольку чаще всего используются частотные диапазоны ЭЭГ, называемые дельта (δ), тета (θ), альфа (α), бета (β) и гамма (γ), концентрирующие диапазон от 4 Гц до 30 Гц.

Особенности описывают сходство и различение сигналов ЭЭГ, чтобы определять их разные модели. Они могут быть извлечены во временном, пространственном или частотном пространстве спектра.

Спектральная оценка компонентов авторегрессии (AR) является распространенным методом моделирования обработки сигналов. Его можно рассматривать как линейный инвариантный во времени фильтр. Коэффициенты фильтра являются признаками сигнала. Крузенский и др. применили алгоритм AR для распознавания образов MI-BCI. Затем Ван и др. предложили многофакторный адаптивный метод AR (MVAAR) для классификации ИМ.

Алгоритм общего пространственного паттерна (CSP) был разработан как пространственный фильтр, который мог различать многоканальные сигналы ЭЭГ, выделяя различия и сводя к минимуму сходства. Эксперименты показали, что CSP имеет лучшую производительность, чем другие алгоритмы, в аспекте пространственного разрешения. Поэтому многие методы расширения, улучшающие исходный метод CSP, были предложены путем объединения других пространственно-спектральных характеристик, таких как общий пространственно-спектральный шаблон (CSSP), общий разреженный спектрально-пространственный шаблон (CSSSP), общий пространственный шаблон поддиапазона (SBCSP), общий пространственный шаблон банка фильтров (FBCSP), общий пространственный шаблон вейвлета (WCSP) и разделяемые общие пространственно-спектральные шаблоны (SCSSP). Эти улучшенные алгоритмы в некоторой степени обеспечивают лучшую точность классификации, чем оригинальный CSP.

Для извлечения признаков SSVEP в основном необходимо найти особую частоту ответа ЭЭГ. Анализ спектральной плотности мощности (PSDA) — это традиционный метод определения частоты SSVEP в определенном временном окне с использованием оценки спектра на основе быстрого преобразования Фурье (FFT). Однако на PSDA легко влияет шум. Таким образом, предлагаются некоторые более совершенные алгоритмы.

Лин и др. впервые применили канонический корреляционный анализ (CCA) для распознавания частоты SSVEP. Экспериментальные результаты показали, что метод ОКА позволяет найти максимальный коэффициент корреляции, который принимается за частоту ССВЭП между эталонным и тестовым сигналами. По сравнению с PSDA, CCA показал лучшую производительность. Затем было предложено множество улучшенных методов для повышения точности распознавания ОСА.

Особенность P300 заключается в том, что вызванные потенциалы возникают примерно через 300 мс после события. Ривет и др. предложили алгоритм xDawn для определения подпространства P300 и разработали пространственный фильтр для обнаружения P300.

Гибридный BCI обычно объединяет различные типы BCI в последовательном или параллельном режиме в зависимости от их преимуществ. Их основная цель — повысить точность распознавания образов. Однако не все комбинации эффективны и выполнимы. Кроме того, в гибридном BCI BCI на основе ЭЭГ может сочетать другие типы BCI, такие как магнитоэнцефалограмма (МЭГ), электрокортикограмма (ЭКоГ), функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ) и спектроскопия ближнего инфракрасного диапазона (NIRS). Иногда ИМК на основе ЭЭГ может сочетать системы, не основанные на ИМК, такие как электромиограмма (ЭМГ), электроокулография (ЭОГ).

Гибридный BCI сочетает в себе парадигмы MI и SSVEP EEG для улучшения применения BCI. Чжан и др. представили серию гибридных ИМК на основе ЭЭГ для захвата роботом. SSVEP был обнаружен для выбора цели, а MI использовался для управления направлением движения. Эллисон и др. предложили новую параллельную комбинацию задач ERD и SSVEP для получения более точных результатов, чем у обычных BCI. Испытуемые одновременно представляли движение левой или правой руки и фокусировались на одном из двух колеблющихся зрительных стимулов. Результаты показали, что гибридное состояние обеспечивает самую высокую точность классификации (81,0%), за которой следуют SSVEP (76,9%) и ERD (74,8%). Кроме того, гибридный BCI может предоставить испытуемым больше подходов BCI. Пфуртшеллер и др. представил гибридный BCI, состоящий из коммутатора на основе MI и SSVEP. Мозговой переключатель

ERS мог активировать и управлять четырехступенчатым ортезом на основе SSVEP. Контрастный тест показал, что этот гибридный BCI дает гораздо более низкую скорость FP в минуту, чем SSVEP BCI. Дуан и др. разработали мультимодальный гибридный BCI, использующий как SSVEP, так и визуализацию движения.

Паникер и др. предложили гибридный BCI, сочетающий P300 и SSVEP. В этой системе парадигма P300 была разработана орфографическая матрица 6×6. В онлайн-эксперименте участвовало десять испытуемых. В результате средняя точность классификации составила 94 %, а точность определения контрольного состояния — 88,15 %. Мули и Паланиаппан разработали гибридный BCI на основе ответов SSVEP и P300. Парадигма SSVEP была сгенерирована визуальными стимулами четырех независимых зеленых светодиодных колец, мигающих с разной частотой. P300 генерировался случайными вспышками красного светодиода, расположенными внутри каждого из четырех колец, которые были отмечены как события вместе с записанной ЭЭГ SSVEP. Результаты показали, что метод гибридного стимула может повысить надежность и точность приложений BCI. Ли и др. предложил гибридную систему BCI, сочетающую P300 и SSVEP для повышения производительности асинхронного управления. Они разработали четыре группы мерцающих кнопок в графическом пользовательском интерфейсе. SSVEP вызывался миганием кнопок с фиксированной частотой.

Су и др. объединили P300 и MI для создания команд управления в виртуальной среде. Для навигации использовали ИМ по воображению движений левой и правой руки. Парадигма чудаковатого P300 была применена для переключения состояния системы. Рихманн и др. предложили гибридный BCI P300 и ERD в приложениях для принятия решений по управлению роботами. Бхаттачарья и др. предложил серию гибридных BCI на основе ЭЭГ для управления роботом-манипулятором. MI использовался для управления движением, а P300 применялся для остановки движения робота при достижении целевого положения. Результаты экспериментов показали, что предложенный метод управления подходит для конструкций протезов в реабилитационных целях. Однако спроектировать параллельный гибридный BCI, сочетающий P300 и MI, очень сложно.

Яо и др. обнаружили, что соматическое внимание без реальной тактильной стимуляции может быть применено в качестве новой парадигмы BCI, называемой соматосенсорной ориентацией внимания (SAO). Затем они предложили независимый от стимулов гибридный BCI, основанный на воображении движения и парадигмах SAO. Экспериментальные результаты показывают, что гибридный режим, объединяющий две задачи, такие как L-SAO и R-MI, обеспечивает более высокую точность классификации, чем один только режим MI.

BCI можно разделить на синхронный и асинхронный режимы в зависимости от модальности обработки входных данных. Синхронный BCI представляет собой предопределенные фиксированные переменные временные окна. Следовательно, испытуемому разрешается выполнять заданные мозговые задачи только в соответствии с заданной парадигмой все время, которая разработана заранее и связана с определенным сигналом или триггерным стимулом. В отличие от синхронного BCI, идеальная асинхронная система BCI не имеет стимула-сигнала. Субъект может управлять ИМК умственными действиями в любое время, если захочет. Асинхронный BCI обеспечивает более естественный режим взаимодействия человека с машиной, чем синхронный BCI. Однако сигналы мозга необходимо постоянно анализировать и классифицировать.

В ИМК есть два компонента управления: роботизированное автоматическое управление и мысленный контроль со стороны ИМК. Поначалу для изменения режима управления часто предназначался переключатель автоматики и управления БКИ. Генг и др. представили переключатель, который может переключать модели управления между режимами автоматического управления и ментального управления для управления симулированным роботом с помощью онлайн-компьютерного интерфейса с автономным темпом. Эксперимент показал, что этот метод переключения очень эффективен. Однако в каждый контрольный момент времени существовал только один независимый режим управления. Основная проблема управления с помощью ИМК заключается в том, что точность распознавания мысленных образов вряд ли может достигать 100 %. Поэтому команды ИМК могут быть ошибочными от реальной мыслительной деятельности.

Чтобы уменьшить и избежать этих ошибок, предлагается метод совместного управления, который широко применяется в асинхронных BCI. Сан и др. представили новый метод совместного управления, называемый объединенными нечеткими сетями Петри (FFPN), для управления роботизированной рукой и кистью с высокой степенью свободы для захвата объектов. С одной стороны, FFPN могут уменьшить негативные последствия неправильного распознавания паттернов ЭЭГ; с другой стороны, этот метод сети Петри легко разработать и реализовать оптимальное управление. Как моделирование в MATLAB, так и практические роботизированные эксперименты показали, что метод совместного управления может повысить производительность и надежность BCI.

В этой статье рассмотрен фундаментальный дизайн BCI на основе ЭЭГ. Исследования BCI добились многих прорывов за последние 10 лет. Различные методы выделения характеристик сигнала и алгоритмы классификации для распознавания образов ЭЭГ были предложены

для повышения скорости передачи информации и точности классификации. Год за годом представляются новые конструкции ИМК на основе ЭЭГ для широкого применения в повседневной жизни людей с ограниченными возможностями, таких как управление инвалидной коляской, правописание слов или манипулирование протезами.

Несмотря на недавнее развитие конструкции BCI, многие проблемы еще предстоит решить при проектировании системы. Мультиклассовое распознавание с высокой точностью до сих пор остается очень сложной задачей.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. Wolpaw and E.W. Wolpaw, Brain Computer Interfaces: Principles And Practice. Oxford University Press, 2012.
2. J.R. Wolpaw, N. Birbaumer, D.J. McFarland, G. Pfurtscheller, and T. M. Vaughan, «Brain Computer Interfaces For Communication And Control», Clinical Neurophysiology, vol. 113, no. 6, pp. 767–791, 2002.
3. B.Z. Allison, E.W. Wolpaw, and J.R. Wolpaw, «Brain Computer Interface Systems: Progress And Prospects», Expert Review of Medical Devices, vol. 4, no. 4, pp. 463–474, 2007.
4. S. Silvoni, A. Ramos-Murguialday, M. Cavinato, C. Volpato, G. Cisotto, A. Turolla, F. Piccione, and N. Birbaumer, «Brain Computer Interface In Stroke: A Review Of Progress», Clinical EEG and Neuroscience, vol. 42, no. 4, pp. 245–252, 2011.
5. D. Xiao, Z. Mu, and J. Hu, «Classification Of Motor Imagery EEG Signals Based On Energy Entropy», International Symposium on Intelligent Ubiquitous Computing and Education. IEEE, pp. 61–64, 2009.
6. M.A. Lebedev and M.A. Nicolelis, «Brain Machine Interfaces: Past, Present And Future», TRENDS in Neurosciences, vol. 29, no. 9, pp. 536–546, 2006.
7. S. Siuly and Y. Li, «Improving The Separability Of Motor Imagery EEG Signals Using A Cross Correlation-Based Least Square Support Vector Machine For Brain Computer Interface», IEEE Transactions on Neural Systems and Re-habilitation Engineering, vol. 20, no. 4, pp. 526–538, 2012.
8. R. Kus, D. Valbuena, J. Zygierewicz, T. Malechka, A. Graeser, and P. Durka, «Asynchronous BCI Based On Motor Imagery With Automated Calibration And Neurofeedback Training», IEEE Transactions on Neural Systems and Re- habilitation Engineering, vol. 20, no. 6, pp. 823–835, 2012.
9. B. Denby, T. Schultz, K. Honda, T. Hueber, J.M. Gilbert, and J.S. Brumberg, «Silent Speech Interfaces», Speech Communication, vol. 52, no. 4, pp. 270–287, 2010.
10. Вьюгин В. Математические основы теории машинного обучения и прогнозирования / В. Вьюгин. — МЦМНО, 2013. 390 с.

© Аль-Духейдахави Муртадха Ахмед Лути (Murtazalute7@gmail.com); Томашевский Юлий Болеславович (tomash@sstu.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.03

ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ЕГО ВОЗМОЖНОСТИ

Атаманенко Вадим Александрович
директор Департамента информационных технологий Freedom Holding Corp., Atamanenko.v@gmail.com

Аннотация: По мере развития технологий искусственного интеллекта растет и количество различных областей, в которых возможно их внедрение. Вместе с тем, несмотря на глобальное развитие и внедрение искусственного интеллекта в различные сферы общественных отношений, ряд практических проблем, связанных с возможностями искусственного интеллекта, так и остается неразрешенным. Среди таких практических проблем — возможности искусственного интеллекта, направленные на прогнозирование.
Автором исследования делается вывод о том, что современные проблемы прогнозирования искусственного интеллекта в настоящий момент обусловлены спецификой обучения искусственных нейронных сетей, лежащих в его основе, не позволяющей искусственному интеллекту прогнозировать события. Однако, несмотря на наличие теоретических и практических проблем прогнозирования искусственного интеллекта, улучшения его прогнозных возможностей видятся возможными. В первую очередь необходима разработка принципиально подхода к обучению искусственных нейронных сетей, ориентированного на совершенствование процесса прогнозирования искусственным интеллектом использованием алгоритмов обучения искусственных нейронных сетей, ориентированных на использование в обучении так называемых способностей «коллективного разума». Главной проблемой, которую предстоит решить при использовании указанного подхода, являются ограниченные возможности обучения искусственного интеллекта в части формирования опыта реакции на похожие ситуации, на который можно опираться, а также способности распознавать похожие ситуации при принятии решений и прогнозировании.

Ключевые слова: прогнозирование, искусственный интеллект, искусственные нейронные сети, обучение искусственных нейронных сетей, коллективный разум.

PROBLEMS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FORECASTING AND ITS CAPABILITIES

V. Atamanenko

Summary: With the development of artificial intelligence technologies, the number of different areas in which their implementation is possible is also growing. At the same time, despite the global development and implementation of artificial intelligence in various spheres of public relations, a number of practical problems related to the capabilities of artificial intelligence remain unresolved. Among such practical problems are the possibilities of artificial intelligence aimed at forecasting.
The author of the study concludes that the current problems of predicting artificial intelligence at the moment are due to the specifics of training artificial neural networks underlying it, which does not allow artificial intelligence to predict events. However, despite the existence of theoretical and practical problems of predicting artificial intelligence, it seems possible to improve the predictive capabilities of artificial intelligence. First of all, it is necessary to develop a fundamentally approach to the training of artificial neural networks, focused on improving the prediction process by artificial intelligence using artificial neural network learning algorithms, focused on the use of so-called «collective intelligence» abilities in training. The main problem to be solved when using this approach is the limited possibilities of artificial intelligence training in terms of forming an experience of reaction to similar situations, which can be relied on, as well as the ability to recognize similar situations when making decisions and forecasting.

Keywords: forecasting, artificial intelligence, artificial neural networks, training of artificial neural networks, collective intelligence.

На сегодняшний день нет практически ни одной крупной отрасли, на которую современный искусственный интеллект не оказал бы влияния. Пандемия, вызванная COVID-19, еще больше ускорила тенденцию к цифровизации, которая уже наблюдалась до пандемии, в том числе в отношении использования искусственного интеллекта, поскольку сбор и анализ данных значительно расширились благодаря надежному подключению к Интернету, распространению подключенных устройств и быстрой компьютерной обработке различных изображений. По данным международной исследовательской и консалтинговой компании IDC, глобальные расходы на технологии искусственного интеллекта к 2024 году достигнут 110 млрд долларов США, почти вдвое превысив аналогичные расходы за 2021 и 2022 годы [14].

Растущее внедрение искусственного интеллекта в различных областях обеспечивается обилием доступных для обработки данных и открытием доступа к большим вычислительным мощностям.

Технологии, в основу которых заложен искусственный интеллект, обладают определённым уровнем автономии и при этом характеризуются возможностью формирования прогнозов, рекомендаций или решений для заданного набора целей, определенных человеком, и базируются на различных алгоритмах обучения искусственных нейронных сетей. Обучение искусственных нейронных сетей вне зависимости от алгоритма обучения осуществляется на основе большого объема разрозненных данных, сгруппированных и подобранных в зависимости от цели обучения.

С одной стороны, искусственные нейронные сети, являясь ключевым элементом большинства систем интеллектуального анализа данных, способны влиять на процессы, происходящие в различных системах, за счет

взаимосвязи между данными о конкретном событии и возможностями прогнозирования будущих событий. С другой стороны, возможности прогнозирования искусственных нейронных сетей ограничены и не всегда позволяют справляться со сложным ситуациями подобно тому, как это делает человек.

Так, например, для решения бизнес-задач с помощью статистических алгоритмов, алгоритмов машинного обучения и глубокого обучения можно обеспечить одномерные и многомерные прогнозы временных рядов для прогнозирования ключевых бизнес-показателей, таких, как выбор наилучшей бизнес-модели и лучшего варианта решения в модели управления [1, 2, 5].

В то же время для решения задач беспилотного управления, требующих прогнозирования событий путем принятия тактических решений в сложной среде, обучить искусственную нейронную проблематично, что обусловлено невозможностью подбора максимально полного набора обучающих данных. По указанной причине до настоящего времени так и не разработано идеальной технологии беспилотного управления транспортными средствами, а все имеющие разработки в данной области имеют как свои преимущества, так и свои недостатки [3, 4].

Еще одной проблемой прогнозирования в технологиях искусственного интеллекта являются риски неправильного прогнозирования, обусловленные ненадлежащим качеством используемых данных для обучения искусственных нейронных сетей, несоблюдением требований к конфиденциальности данных и кибербезопасности. Вышеобозначенная проблема, как отмечается в специализированной литературе, характерна для тех искусственных нейронных сетей, алгоритмы обучения которых основаны на использовании больших данных, а ошибки прогнозирования возникают из-за неопределенности уровня достоверности больших данных [6, 8]. Такая неопределенность может быть вызвана сомнительной надежностью источника получения данных (например, социальные сети), недостаточным качеством или характером используемых данных.

Например, при оценке кредитоспособности актуальность информации о поведении и/или репутации физических лиц (для юридических лиц) должна быть тщательно оценена до включения и использования в модели, основанной на искусственном интеллекте. Оценка набора данных, используемого в каждом конкретном случае, для повышения точности и уместности используемых данных может быть трудоемкой, учитывая огромный объем задействованных данных, в то время как это может снизить эффективность, обеспечиваемую внедрением искусственного интеллекта.

Вышеобозначенные и иные проблемы прогнозирования искусственного интеллекта позволяют предположить, что модели, основанные на искусственном интеллекте, на сегодняшний день могут давать основу для принятия решений и позволять выбирать направления действий, но не могут заменить экспертов-людей, поэтому полностью полагаться на точность прогнозов искусственного интеллекта недопустимо, а взаимодействие между человеком и искусственным интеллектом продолжает оставаться наиболее эффективным средством улучшения прогнозных возможностей в условиях неопределенности.

Отличным примером, показывающим ошибочность прогнозов искусственного интеллекта, является оценка активности гриппа, осуществленная в 2013 году веб-сервисом Google Flu Trends, отслеживающим активность гриппа и управляемым компанией Google. Так, во время сезона гриппа 2013 года прогнозы веб-сервиса оказались отличными от реальных на 140 %. До вышеназванного события веб-сервис Google Flu Trends эксперты в области искусственного интеллекта рассматривали как яркий пример способности больших данных заменять традиционные формы научной методологии и анализа данных [15]. Специфика работы веб-сервиса Google Flu Trends заключалась в том, что Google использовал цифровые данные из поисковых запросов людей, связанных с гриппом, для отслеживания вспышек гриппа в режиме реального времени и когда доступные данные достигали достаточного объема, осуществлялась их корреляция. Ошибку прогноза Google Flu Trends обосновали сбоем алгоритма, однако именно с этой ошибки в прогнозе многие эксперты в области искусственного интеллекта усомнились в его прогнозных возможностях.

Несмотря на наличие теоретических и практических проблем прогнозирования искусственного интеллекта, улучшения прогнозных возможностей искусственного интеллекта видятся возможными. В первую очередь необходима разработка принципиально нового подхода к обучению искусственных нейронных сетей, ориентированного на совершенствование процесса прогнозирования искусственным интеллектом. Такой принципиально новый подход может быть реализован за счет развития подходов к алгоритмам обучения искусственных нейронных сетей, ориентированных на использование в обучении так называемых способностей «коллективного разума».

Представления о человеческом коллективном разуме имеют тысячелетнюю историю и описаны еще Аристотелем, при этом они сводятся к общей аксиоме — умный коллектив людей в целом может быть кратно умнее самого умного человека в коллективе [7, 13]. То есть, когда люди с высокими умственными способностями объединяются в одну группу, то качество принимаемого

группой решения может быть кратно выше качества решения, принимаемого самым умным человеком в этой группе. Вышеописанные способности коллективного разума обусловлены тем, что группа, принимая решения, обобщает различную информацию, полученную от каждого члена группы, в то время как индивидуально принятое решение может быть ограничено субъективной оценкой лица, принимающего решение. Теория коллективного разума заложена в основу регрессионного анализа Фрэнсиса Гальтона, механизма агрегирования информации, метода Delphi, нашедшем применение в промышленности, политике и медицине.

В настоящее время алгоритмы обучения искусственных нейронных сетей, в которых используются отдельные идеи коллективного разума, применяют для обработки изображений различного характера, в многоагентном обучении, обучении с подкреплением и метаобучении.

Например, идеи коллективного разума применяются в метаобучении следующим образом: искусственная нейронная сеть представляется как совокупность нейронов и синапсов, каждый из которых может быть смоделирован как отдельный агент, и в совокупности все эти агенты взаимодействуют внутри системы, где способность к обучению является возникающим свойством.

Вместе с тем, несмотря на использование отдельных возможностей коллективного разума в обучении искусственных нейронных сетей, алгоритмы обучения построены на анализе и обучении сетей только на основе уже имеющейся информации, и поэтому любой новый алгоритм или новая комбинация с большой долей вероятности будут неверно истолкованы сетью. В то время как люди обладают огромным объемом культурных знаний и опытом, на который можно опираться, а также способностью распознавать похожие ситуации при принятии решений относительно новой информации.

Вышеприведенные проблемы взаимодействия идей коллективного разума и нейронных сетей за последние несколько лет были рассмотрены многими исследователями, однако до настоящего момента какого-либо оптимального решения в части использования «коллективного разума» в возможностях прогнозирования искусственного интеллекта не разработано [9, 10, 11, 12, 13]. Исследовательское сообщество долгое время совершенствовало искусство использования обратного распространения для обучения. В то же время остаются открытыми такие вопросы обучения искусственных нейронных сетей, как сведение к минимуму требования к памяти, как обеспечить эффективное обучение искусственных нейронных сетей онлайн, а также как научить сеть принимать решение «силой коллективного разума», моделируя нестандартные ситуации и выстраивая прогноз.

Подводя итог, необходимо отметить, что современные проблемы прогнозирования искусственного интеллекта в настоящий момент обусловлены спецификой обучения искусственных нейронных сетей, лежащих в его основе, не позволяющей искусственному интеллекту прогнозировать события. Однако, несмотря на наличие теоретических и практических проблем прогнозирования искусственного интеллекта, улучшения его прогнозных возможностей видятся возможными. В первую очередь необходима разработка принципиально подхода к обучению искусственных нейронных сетей, ориентированного на совершенствование процесса прогнозирования искусственным интеллектом с использованием алгоритмов обучения искусственных нейронных сетей, ориентированных на использование в обучении так называемых способностей «коллективного разума». Главной проблемой, которую предстоит решить при использовании указанного подхода, являются ограниченные возможности обучения искусственного интеллекта в части формирования опыта реакции на похожие ситуации, на который можно опираться, а также способности распознавать похожие ситуации при принятии решений и прогнозировании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белых Т.И., Бурдуковская А.В. Использование способа реализации искусственного интеллекта в прогнозировании // Известия БГУ. 2018. №3. С.500–507
2. Городецкий В.И. Поведенческие модели кибер-физических систем и групповое управление: основные понятия // Известия ЮФУ. Технические науки. 2019. № 1(203). С. 144–162.
3. Зикратов И.А., Викснин И.И., Зикратова Т.В. Мультиагентное планирование проезда перекрестка дорог беспилотными транспортными средствами // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. №5. С.839–849.
4. Каляев И.А., Гайдук А.Р., Капустян С.Г. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 280 с.
5. Карпов В.Э. Социальные сообщества роботов: от реактивных к когнитивным агентам. // Мягкие измерения и вычисления. 2019. № 2 (15). С. 61–78.
6. Козлов В.Н. Искусственные нейронные сети в моделировании коллективного сознания // JSRP. 2017. №4 (42). С.42–47.
7. Сегаран. Т. Программируем коллективный разум. — Пер. с англ. СПб: Символ-Плюс, 2008. — 368 с.
8. Foerster, J., Chen, R. Y., Al-Shedivat, M., Whiteson, S., Abbeel, P., and Mordatch, I. (2018). Learning with opponent-learning awareness. In Proceedings of the 17th International Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems, pages 122–130.
9. Kirilenko, A., Kyle, A.S., Samadi, M., and Tuzun, T. (2017). The flash crash: High-frequency trading in an electronic market. The Journal of Finance, 72(3):967–998.
10. Khanday, N.Y., Sofi, S.A. Learned Gaussian ProtoNet for improved cross-domain few-shot classification and generalization. Neural Comput & Applic 35, 3435–3448 (2023).

11. H.-Y. Tseng, H.-Y. Lee, J.-B. Huang, and M.-H. Yang. Cross-domain few-shot classification via learned feature-wise transformation. arXiv preprint arXiv:2001.08735, 2020.
12. Sandler M., Vladimir M., Zhmoginov A., Miller N., Jackson A., Madame S. T. and Arkos B.A. «Rules for bidirectional updating of meta-learning». International Conference on Machine Learning (2021). P. 1–17.
13. Kirsch, L., & Schmidhuber, J. Meta Learning Backpropagation And Improving It. Neural Information Processing Systems. (2020). Электронный ресурс. Режим доступа: https://arxiv.org/pdf/2012.14905.pdf (дата обращения 18.01.2023 г.).
14. Официальный сайт IDC Электронный ресурс. Режим доступа: https://www.idc.com/(дата обращения 18.01.2023 г.).
15. Разоблачение Google Flu Trends: значат ли ошибки модели Google, что «большим данным» нельзя верить Электронный ресурс. Режим доступа: https://www.computerra.ru/227832/goolge-flu-trends-fail/ дата обращения 18.01.2023 г.).

© Атаманенко Вадим Александрович (Atamanenko.v@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.06

УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ НА ОС ANDROID И БАЗЫ ДАННЫХ FIREBASE С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШТРИХ КОДОВ И QR-КОДОВ

MANAGEMENT SYSTEM ON ANDROID OS AND FIREBASE DATABASES USING BARCODES AND QR CODES

Yu. Buzykova
A. Zufarova

Summary: We live in the era of the completion of the third digital revolution, which began in the second half of the last century. Its characteristic features are the development of information and communication technologies, automation and robotization of production processes.

The development of information technologies and means of communication, primarily electronic networks, creates a powerful impetus for the formation of a new trend in the functioning of modern business — the digitalization of economic relations. Most information carriers are becoming digital, which determines the main trend in the development of both modern technology and business processes with an overwhelming share of the electronic component. The electronic form of communication increases the level and efficiency of communication between buyers and sellers, creates new markets and opportunities for the reorganization of economic processes.

Automated inventory management system is the most important element of digitalization of the enterprise. And since a certain time, this is no longer an additional function, but a constant need for companies that want to compete in the market.

Keywords: programming languages, technologies, firebase, research.

Бузыкова Юлия Сергеевна
Доцент, МИРЭА — Российский технологический университет
juliaserg_buz@mail.ru
Зуфарова Анна Сергеевна
Старший преподаватель,
Тихоокеанский государственный университет
zoof_anna@mail.ru

Аннотация. Мы живем в эпоху завершения третьей цифровой революции, начавшейся во второй половине прошлого века. Ее характерные черты — развитие информационно-коммуникационных технологий, автоматизация и роботизация производственных процессов.

Развитие информационных технологий и средств коммуникации, прежде всего электронных сетей, создает мощный импульс для формирования новой тенденции функционирования современного бизнеса — диджитализации экономических отношений. Большинство носителей информации становятся цифровыми, что определяет основной тренд развития как современной техники, так и бизнес-процессов с подавляющей долей электронной составляющей. Электронная форма коммуникаций повышает уровень и эффективность общения между покупателями и продавцами и создает новые рынки и возможности для реорганизации экономических процессов.

Автоматизированная система управления запасами — важнейший элемент диджитализации предприятия. И с определенного времени это уже не дополнительная функция, а постоянная потребность компаний, которые хотят конкурировать на рынке.

Ключевые слова: языки программирования, технологии, Firebase, исследование.

Успешная диджитализация предусматривает комбинацию двух важнейших аспектов: перевод всех существенных активов в цифровой формат (например, областях только отсканированными документами, хранящимися в облаках) и использование специального программного обеспечения для диджитализации определенных процессов компании (например, использование SAP для выполнения различных транзакций с поставщиками без учета бумажного документооборота).

Цифровая трансформация — это серия общих изменений компании, что приводит к повышению эффективности и доходности компании [2]. Если вы не знаете, с чего начать автоматизацию вашего бизнеса, начните с разработки индивидуальной системы управления запасами. Такой инструмент, созданный непосредственно под вашу компанию, благодаря автоматизации, поможет мягко перейти на электронный документооборот, в то же время органично вписываясь в существующие процессы вашего предприятия. И помните — всегда принимайте решения на основе данных. А мы поможем вам эти данные собрать и обработать.

В дальнейшем такие системы будут интегрироваться с системами управления транспортными перевозками, системами автоматизации логистики запасов и закупок. Целью данной статьи является создание автоматизированной системы управления запасами на базе ОС Android для диджитализации товарооборота предприятий [5, с. 1934].

Именно через товарооборот происходит смена форм стоимости потребительских товаров, созданной в процессе производства. Традиционно товарооборот исследуется преимущественно на микроуровне как основной показатель деятельности торговых предприятий.

Однако на сегодня исследование товарооборота и факторов, которые на него влияют, должно происходить и на макроуровне, поскольку оптимальная структура товарооборота государства является одним из главных факторов конкурентоспособности ее экономики [10]. Запасы — это активы предприятия (ресурсы, имущество), которые:

— удерживаются для дальнейшей продажи (распределения, передачи) при условиях обычной хозяйственной деятельности;
— находятся в процессе производства с целью дальнейшей продажи продукта производства
— содержатся для потребления во время производства продукции, выполнения работ и оказания услуг, а также управления предприятием.

К запасам относятся, в частности:
— изготовленная на предприятии готовая продукция
— сельскохозяйственная продукция и продукция лесного хозяйства
— приобретенные (полученные) товары, содержащиеся предприятием с целью дальнейшей продажи
— сырье, основные и вспомогательные материалы, комплектующие изделия и другие материальные ценности, предназначенные для производства продукции, выполнения работ, оказания услуг, распределения, передачи, обслуживания производства и административных потребностей.

Увеличение запасов, с одной стороны, приводит к повышению эффективности, с другой — растет сумма средств, в частности, на хранение таких запасов. В то же время, сокращение запасов может привести к сбоям процессов производства, поставок или торговли. Поэтому важно иметь оперативную и актуальную информацию о запасах предприятия на складе по категориям, ценам и тому подобное. Со своей стороны использование программного обеспечения для управления запасами дает возможность всему бизнесу работать лучше. Так, в частности, вашим сотрудникам больше не потребуется регистрировать каждую единицу вручную, визуально проверять качество и количество полученного товара, ведь такой подход чреват риском ошибок человеческого фактора, а также требует больших временных затрат [4, с. 592].

По состоянию на данный момент существует несколько систем, которые предлагают готовые решения автоматизированных систем управления производством, в частности, Replenishment + от AbmCloud. Основная задача системы — обеспечить постоянное наличие сырья, материалов, комплектующих в нужном месте производственной цепочки в нужном количестве и в нужное время. А также сократить уровень избыточных запасов, обеспечить высокую надежность поставок и сократить влияние изменения спроса на уровень запасов. Это очень функционально мощный конкурент, но для управления такой системой нужны рабочие места и компьютеры [7]. Тогда как система, которую разрабатывает автор, нацелена больше на диджитализацию.

Такой системой можно управлять с мобильного девайса в любом уголке мира, сканировать товары только из телефона и добавлять в состав инвентаря.

1. Формирование требований к системе

Система должна давать возможность пользователю сканировать запасы по коду товара. Возможность добавлять выбранные товары к интвентарю склада по цене, названию, категории товара и штрих коду. Для каждой позиции товара пользователь может воспользоваться поиском по штрих коду, чтобы вывести информацию об изделии. Для каждого нового зарегистрированного аккаунта в системе предусмотрена база данных, которая хранит информацию о пользователе, а также об инвентаре в его системе. Система со своей стороны также должна автоматически подсчитывать количество единиц товара на складе и их ценовую составляющую. Как расшифровывать информацию, заложенную в QR-кодах?

Эту задачу успешно решает подавляющая часть современных смартфонов и планшетов. Для считывания закодированных данных достаточно перейти в окно приложения товара и активировать панель сканера, QR-код будет отсканирован встроенной камерой мобильного устройства.

Заказчики с поставщиками смогут общаться и обсуждать условия закупки новых запасов, не боясь излишков товара на складе, ведь вся информация будет указана в приложении.

Отвечает за выкладку товара, установку сопутствующего необходимого оборудования, размещает POS-материалы). Поскольку система встроена в мобильный девайс, то функционал дает возможность регистрировать новые товары, используя лишь телефон или планшет, искать изделия по номеру штрих кода [9]. Итак, в системе укомплектовано все необходимое в единое целое, в одну большую сеть, где можно хранить и вести подсчет товаров, не используя стационарных компьютеров. Система, ориентированная на потребности торговой компании в процессе автоматизации управления, предоставляет такие возможности, как реклама нового товара, просмотр собственных добавленных товаров к инвентарю, поиск товара по штрих коду, удаление товара, просмотр общего количества товаров и цен.

Во время установки APK в системе Андроид устанавливается файл DEX, который содержит код, ресурсы, скомпилированные как двоичные файлы. Файл dex обычно имеет тот же размер, что и файл apk, если у вас нет ресурсов, не скомпилированных в активах. Еще одной распространенной особенностью установки приложений является то, что android SAVES оригинальный apk при переустановке в случае ошибок или по каким-то дру-

гим причинам также устанавливается. Вот почему объем памяти наших приложений в системе вдвое больше.

Это сумма размера исходного apk и установленного dex. Проектирование базы данных начинается в коде AndroidStudio, где определяются типы данных для конкретного loyaute.xml файла в Common Attributes. Структура проецируется в классах, конкретный класс программы может отвечать за отдельное окно, такое как, например, регистрация пользователя, добавление продуктов, сохранение их в базе данных и тому подобное [3]. Подключение базы данных к проекту также является неотъемлемой частью. К тому же для пользования базы данных Firebase надо импортировать соответствующие библиотеки:

- import com.google.android.gms.tasks. OnCompleteListener
- import com.google.android.gms.tasks.Task
- import com.google.fi rebase.auth.AuthResult
- import com.google.fi rebase.auth. FirebaseAuth
- import com.google.fi rebase.auth. FirebaseUser
- import com.google.fi rebase.database. FirebaseDatabase

Разработанная структура базы данных включает создание переменных с соответствующими типами данных, а также разветвление на дочерние элементы.

Следующий фрагмент кода показывает добавление элемента в базу данных:

```
public void additem(){ String itemnameValue = itemname. getText().toString()
String itemcategoryValue = itemcategory. getText(). toString()
String itempriceValue = itemprice.getText(). toString()
String itembarcodeValue = itembarcode. getText(). toString()
fi nal FirebaseUser users = fi rebaseAuth. getCurrentUser()
String fi naluser=users.getEmail()
String resultemail = fi naluser. replace(“.”,”,”)
if (itembarcodeValue.isEmpty()) { itembarcode. setError(“Пусто “)
itembarcode.requestFocus()
return
} if(!TextUtils.isEmpty(itemnameValue)&&! TextUtils. isEmpty(itemcategoryValue)&&!Te xtUtils. isEmpty(itempriceValue)){ Items items = new Items(itemnameValue,it emcategoryValue,itempriceVal ue,itembarcod eValue)
databaseReference.child(resultemail). child(“Items”). child(itembarcodeValue). setValue(items)
databaseReferencecat. child(resultemail). child(“ItemByCatego ry”).child(itemcategoryValue). child(itembarcodeValue).setValue(items)
itemname.setText(“”)
itembarcode.setText(“”)
itemprice.setText(“”)
itembarcode.setText(“”)
Toast.makeText(additemActivity. this, itemnameValue” “добавлено”, Toast. LENGTH_SHORT).show()
}else{Toast.makeText(additemActivity.this,”пожалуйста, заполните все поля”,Toast.LENGTH_ SHORT).show ()
} }
```

таким образом разработан фрагмент кода добавления товаров в базу данных.

2. Реализация бизнес-логики

Бизнес-логика — это часть кода, которая выполняет логику приложения. Кроме бизнес-логики в приложениях может быть код, который отвечает за отображение информации, управление информацией, работу с внешними ресурсами/сервисами. В системе бизнес-логика сосредоточена в классах, которые синхронизированы с базой данных, хранящей информацию в формате обмена программирования данных JSON. Кроме этого, при запросах на модификацию данных передаются соответствующие заголовки авторизации во избежание несанкционированного доступа.

Ниже приведены несколько реализаций классов. Класс scanItemsActivity предназначен для работы со штрих-кодами и QR кодами, например, поиск товара по номеру кода. Класс образует два окна: одно-поиск товара по коду, а другое — вывод товара с параметрами, такими как: название изделия, его код, цена и категория. Также вызывается хранимая процедура, которая собирает из базы данных информацию и возвращает результат в формате JSON. Класс сервиса состоит из следующих методов:

1. метод fi rebasesearch. Метод создает запрос к базе данных, номера кода товара, который должен вернуть или вывести на экран, а также создает объект FirebaseRecyclerAdapter, который связывается с Query в RecyclerView. Когда данные добавляются, удаляются или изменяются, эти обновления автоматически применяются к интерфейсу пользователя в реальном времени

```
public void fi rebasesearch(String searchtext) { Query fi rebaseSearchQuery = mdatabaseReference. orderByChild(“itembarcode”). startAt(searchtext). endAt(searchtext+”\uf8ff ”)

FirebaseRecyclerAdapter fi rebaseRecyclerAdapter = new FirebaseRecyclerAdapter ( Items.class, R.layout.list_ layout, UsersViewHolder.class, fi rebaseSearchQuery ) {
```

2. метод setDetails. Метод создает TextView для вывода их на экран приложения после поиска конкретного товара, а именно код товара, название, категорию и цену. По аналогичной схеме реализован класс

(viewInventoryActivity) для работы с инвентарем склада, но выводятся все товары без поиска.

public void setDetails(Context ctx,String itembarcode, String itemcategory, String itemname, String itemprice){ TextView item_barcode = (TextView) mView.fi ndViewById(R. id.viewitembarcode)

TextView item_name = (TextView) mView.fi ndViewById(R. id.viewitemname)

TextView item_category = (TextView) mView.fi ndViewById(R. id.viewitemcategory)

TextView item_price = (TextView) mView.fi ndViewById(R. id.viewitemprice)

item_barcode. setText(itembarcode)

item_category. setText(itemcategory)

item_name.setText(itemname)

item_price.setText(itemprice)

} 3. Метод onCreate. Метод работает с базой данных, создает точку входа для доступа к базе данных Firebase. Возможность получить экземпляр, использовав getInstance(). Чтобы получить доступ к местоположению в базе данных и прочитать или записать данные, создана getReference().

@Override protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) { super. onCreate(savedInstanceState)
setContentView(R.layout. activity_scan_items)
fi rebaseAuth = FirebaseAuth. getInstance()
fi nal FirebaseUser users = fi rebaseAuth.getCurrentUser()
String fi naluser=users. getEmail()
String resultemail = fi naluser. replace(“.”,””)
mdatabaseReference = FirebaseDatabase.getInstance(). getReference(“Users”). child(resultemail).child(“Items”)
resultsearcheview = fi ndViewById(R.id.searchfi eld)
scantosearch = fi ndViewById(R. id.imageButtonsearch)
searchbtn = fi ndViewById(R. id.searchbtnn)
mrecyclerview = fi ndViewById(R.id.recyclerViews)
LinearLayoutManager manager = new LinearLayoutManager(this)
mrecyclerview. setLayoutManager(manager)
mrecyclerview. setHasFixedSize(true)
mrecyclerview. setLayoutManager(new LinearLayoutManager(this))
}

Класс RegisterActivity предназначен для работы с пользователями системы управления запасами, регистрации их аккаунтов и сохранение в базе данных, чтобы хранить только ту информацию о товаре, которую добавлял конкретный пользователь. Конфиденциальность данных в базе присутствует, поэтому пароли не выводятся для безопасности данных. Класс состоит из следующих методов: 1. метод onCreate.

Содержит логику регистрации пользователя, создает текстовые поля для заполнения данных, таких как емейл, пароль, повтор пароля и имя . Чтобы получить объект FirebaseAuth, вызывает статический метод getInstance (). @Override protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) { super. onCreate(savedInstanceState)
setContentView(R.layout. activity_register)
editTextName = fi ndViewById(R.id.departmentName)
editTextEmail = fi ndViewById(R.id.emailRegister)
editTextPassword=fi ndViewById(R.id.passwordRegister)
editTextcPassword= fi ndViewById(R.id.confi rmPassword)
UserRegisterBtn= fi ndViewById(R.id.button_register)
progressBar = fi ndViewById(R.id.progressbar)
progressBar. setVisibility(View.GONE)
mAuth = FirebaseAuth. getInstance()
UserRegisterBtn. setOnClickListener(new View. OnClickListener() { @Override public void onClick(View v) { registerUser()
} })
}

2. метод onStart. Обрабатывает уже зарегистрированного пользователя.

3. метод registerUser. Обрабатывает поля, бывшие в методе onCreate, предоставляет им тип данных .toString(), если поля неправильно заполнены или пустые выдает соответствующее сообщение. Метод получает данные и отправляет данные на основе электронной почты пользователя в базу данных, а также выводит сообщения в случае успешной или неуспешной регистрации. Класс additemActivity нужен для добавления товара в инвентарь склада. Также он создает поля для ввода данных о выбор, таких как: название товара, категория, цена и числовой тип данных для ввода номера кода товара. Кроме того, класс от — 19 инструментальные средства и среды программирования следует изменение в полях во время хранения товара и добавляет к базе данных [8, с. 1654]. Класс состоит из следующих методов:

1. метод onCreate. Содержит логику для регистрации товара, создает текстовые поля для заполнения данных, таких как: название товара, категория, цена и числовой тип данных для ввода номера кода товара. Чтобы получить объект FirebaseAuth, вызывается статический метод getInstance (). Ниже приведена реализация: @Override protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) { super. onCreate(savedInstanceState)
setContentView(R.layout. activity_additem)
fi rebaseAuth = FirebaseAuth. getInstance()

databaseReference = FirebaseDatabase.getInstance(). getReference("Users")
databaseReferencecat=FirebaseDatabase.getInstance(). getReference("Users")
resulttextview = fi ndViewById(R.id.barcodeview)
additemtodatabase = fi ndViewById(R. id.additembuttontodatabase)
scanbutton = fi ndViewById(R.id.buttonscan)
itemname = fi ndViewById(R. id.edititemname)
itemcategory= fi ndViewById(R.id.editcategory)
itemprice = fi ndViewById(R. id.editprice)
itembarcode= fi ndViewById(R.id.barcodeview)
scanbutton. setOnClickListener(new View. OnClickListener() { @Override public void onClick(View view) { startActivity(new Intent(getApplicationContext(), ScanCodeActivity.class))
} })
additemtodatabase. setOnClickListener(new View. OnClickListener() { @Override public void onClick(View v) { additem()
} })
}

2. метод additem. Выполняет такие функции, как: добавление элемента в базу данных, создание полей для их заполнения, передача этих полей в базу данных, хранение.

3. метод Logout. Нужен для вызова меню в верхней части экрана и выхода из аккаунта. Этот метод фигурирует также в других классах, где есть возможность вызова меню. Приведена реализация ниже: private void Logout () { fi rebaseAuth.signOut()
fi nish()
startActivity(new Intent(additemActivity. this,LoginActivity.class))
Toast.makeText(additemActivity. this,"LOGOUT SUCCESSFUL", Toast.LENGTH_SHORT).show()
}

4. Метод onCreateOptionsMenu. Подобен для MenuInflater-это системный ресурс Android. Создается во время загрузки андроида. Это постоянный объект, и ссылка на него всегда доступна в памяти. Каждый подкласс класса Context, то есть Activity может получить ссылку на него, вызвав getMenuInfl ater()изнутри класса. Приведена ниже реализация: 20 инструментальные средства и среды программирования
@Override public boolean onCreateOptionsMenu (Menu menu) { getMenuInfl ater ().infl ate(R.menu. menu,menu)
return true
} Класс ScanCodeActivity.

Отвечает за сканирование штрих кодов и QR кодов. Ниже приведена реализация (использована библиотека ZXingScannerView scannerView):

import com.google.zxing. Result
import me.dm7. barcodescanner.zxing. ZXingScannerView
public class ScanCodeActivity extends AppCompatActivity implements ZXingScannerView. ResultHandler { int MY_PERMISSIONS_ REQUEST_ CAMERA=0
ZXingScannerView scannerView
@Override protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) { super. onCreate(savedInstanceState)
scannerView = new ZXingScannerView(this)
setContentView(scannerView)
} @Override public void handleResult(Result result) { additemActivity. resulttextview.setText(result. getText())
onBackPressed()
} @Override protected void onPause() { super.onPause()
scannerView.stopCamera()
} @Override protected void onPostResume() { super. onPostResume()
if (ContextCompat.checkSelf Permission(getApp licationContext(), Manifest.permission.CAMERA) != PackageManager. PERMISSION_GRANTED) { ActivityCompat. requestPermissions(this, new String[] {Manifest.permission. CAMERA}, MY_PERMISSIONS_ REQUEST_CAMERA)
} scannerView. setResultHandler(this)
scannerView.startCamera()
}}

Таким образом была реализована панель сканирования для штрих кодов и QR кодов.

3. Тестирование

В структуре Android Studio есть папки androidTest и test рядом с основной папкой с классами проекта. Зачем нужно тестирование? Если приложение маленькое, то тесты не нужны и вполне можно обходиться без тестирования и дальше. Почему? Речь идет о том, что в небольших проектах можно контролировать логику программы.

Также можно предсказать слабые места и исправить код. Но все меняется, если программа стала сложной. Если появилось более десятка различных экранов активностей, отдельных классов и тому подобное, код следует разбивать на модули, чтобы обеспечить независимость. Такой подход обязательно используется в компаниях, где каждый отвечает за свой участок кода [6]. Тесты делятся на две категории — локальные (Unit Testing) и инструментальные (UI Testing).

Инструментальные средства и среды программирования Локальные тесты проверяют работу метода, класса, компонента. Тест не зависит от Android. Практично, проверяется код Java, который можно контролировать на обычном компьютере без участия устройства или

эмулятора. Например, такому варианту соответствует сложение двух чисел типа int. Подобные тесты проводят в папке Test.

Для инструментальных тестов наличие устройства или эмулятора является обязательным, поскольку нужно тестировать нажатие кнопки, ввод текста, прокрутки, касания и другие операции. Тесты проводятся в папке androidTest. Выводы Реализовано программное средство для автоматизации запасами на основе ОС Android с использованием базы данных Firebase и языка программирования Java. Система использует метод считывания штрих кодов и QR-кодов.

Он обеспечивает добавление товара на склад со всеми подробностями о выбранном товаре и просмотр всех запасов на складе и их цене, категории, названию и коду товара. Реализована авторизация пользователей системы с помощью открытого стандарта FirebaseAuth и FirebaseDatabase.

Предоставлена возможность регистрировать пользователей системы, что позволило сделать систему масштабируемой. В системе реализован поиск товара по коду, а также просмотр запасов на складе с автоматическим подсчетом цены [1]. Основной сервис базы данных-облачная СУБД класса NoSQL, позволяющая сохранять и синхронизировать данные между несколькими клиентами. Предусмотрен API для шифрования данных. Система в денежном эквиваленте автоматически рассчитывает результаты управления запасами товаров и общую цену. Библиотека me.dm7.barcodescanner.zxing.ZXingScannerView использовалась для реализации сканера. Предложенная автоматизированная система управления запасами делает возможным избрание наиболее эффективных инструментов для регулирования товарооборота и управления запасами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александровский В.Г. Мобильные технологии в строительстве. Программное обеспечение на платформе Android. Часть 1 // Инженерный вестник Дона, 2019, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2019/5874
2. Документация для разработчика Firebase [Электронный ресурс] — Режим доступа https://firebase.google.com/docs
3. Нодира Махкампўлатовна Алиева, Гулчехра Алиаскаровна Кадирова, Саида Искандаровна Джураева РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ ЯЗЫКОВ В СРЕДЕ ANDROID // Academic research in educational sciences. 2021. №11. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-informatsionnoy-sistemy-izucheniya-yazykov-v-srede-android
4. Харди Б., Филлипс Б. Программирование под Android. Для профессионалов. — СПб.: Питер, 2014. — 592 с.: ил.
5. Abdukarimov S., Shokirov R. Team competitions on programming format ACM ICPC // International journal of scientific and technology research. 2020. № 4(9). С. 1932–1935.
6. Broyde L., Nixon K., Chen X., Li H., Chen Y. MobiCore: An adaptive hybrid approach for power-efficient CPU management on Android devices. // Proc. of 30th IEEE International System-on-Chip Conference, SOCC, 2017.
7. Chen Y.L., Chang M.F., Yu C.W., Chen X.Z., Liang W.Y. Learning-directed dynamic voltage and frequency scaling scheme with adjustable performance for single-core and multi-core embedded and mobile systems. // Sensors. 2018. Vol. 12, N 9.
8. Granichin O.N., Amelina N. Simultaneous perturbation stochastic approximation for tracking under unknown but bounded disturbances. // IEEE Trans. on Automatic Control. 2015. Vol. 60, N 6. P. 1653–1658.
9. Mentsiev A.U., Alams M.T. Mobile forensic tools and techniques: Android data security // Инженерный вестник Дона, 2019, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2019/5766
10. Poornambigai K., Raj M. L., Meena P. Reducing the energy consumption using DVFS performance optimizing scheme. // EPRA International Journal of Research and Development (IJRD). 2017. Vol. 2, N1.

© Бузыкова Юлия Сергеевна (juliaserg_buz@mail.ru); Зуфарова Анна Сергеевна (zoof_anna@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.07

АЛГОРИТМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗА РЕЙТИНГА ПРОДУКТОВ ПРИ ОТСУТСТВУЮЩИХ ОЦЕНКАХ НА ОСНОВЕ МЕРЫ СХОДСТВА СТАТИСТИЧЕСКОЙ ИМПЛИКАЦИИ

DECISION SUPPORT ALGORITHM FOR PREDICTION OF THE RATING OF PRODUCTS WITH NO RATINGS BASED ON THE MEASURE OF SIMILARITY OF THE STATISTICAL IMPLICATION

Vo Thi Huyen Trang
I. Kvyatkovskaya
Tran Quoc Toan

Summary: The measure of similarity plays an important role in the recommender system of collaborative filtering based on users, since it directly affects the results of recommender systems. To determine the measure of similarity between two users in a recommender system, many solutions are proposed, such as: using statistical correlation, using cosine distance between two vectors, using association rules, etc… In this paper, he proposes a measure of similarity based on the statistical implication analysis method. The measure of similarity between two users is determined based on the sum of the statistical implication distances of the association rules, which tend to favor counter-examples (the number of objects that satisfy property *a* but not property *b* in the association rule $a \rightarrow b$) generated from the ranking data of the two users.

Keywords: similarity measure; recommender system; statistical implication analysis; statistical implication intensity measure; product rating; rating matrix; association rule.

Во Тхи Хуен Чанг
Аспирант, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»
vthtrang@mail.ru
Квятковская Ирина Юрьевна
Доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»
i.kvyatkovskaya@astu.org
Чан Куок Тоан
Кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»
hoaivan219@mail.ru

Аннотация. Мера сходства играет важную роль в рекомендательной системе совместной фильтрации, основанной на прогнозировании поведения пользователя, поскольку она напрямую влияет на фактор эффекта рекомендаций такой системы. Определить меру сходства между двумя пользователями в рамках рекомендательной системы можно на основе различных алгоритмов, таких, к примеру, как: расчет статистической корреляции, использование косинусного расстояния между двумя векторами, применение ассоциативных правил и т.д. В данной статье авторы рассматривают оценку меры сходства, основанную на методе анализа статистической импликации. Мера сходства между предпочтениями двух пользователей вычисляется с учетом суммы расстояний статистической импликации ассоциативных правил, которые характеризуют противоположные предпочтения — т.н. контрпримеры (число объектов, которые удовлетворяют свойству *a*, но не удовлетворяют свойству *b*, в контексте ассоциативного правила $a \rightarrow b$), созданным на основе данных ранжирования предпочтений двух пользователей.

Ключевые слова: мера сходства; рекомендательная система; анализ статистической импликации; мера интенсивности статистической импликации; рейтинг продуктов; рейтинговая матрица; ассоциативное правило.

Мера сходства, определяемая на базе интенсивности статистической импликации, — это мера, используемая для определения значения сходства между двумя пользователями на основе некоторого набора ассоциативных правил, построенных посредством сравнения рейтинга двух пользователей, и показателя интенсивности статистической импликации. Мера сходства интенсивности статистической импликации между двумя пользователями (u_a и u_b) определяется по следующей формуле:

$$SIS(u_a, u_b) = 1 - \sum_{i=1}^{k} II(r_i) / k, \quad (1)$$

где $SIS(u_a, u_b)$ — мера сходства между двумя пользователями u_a, u_b; $I(r_i)$ — величина интенсивности статистической импликации ассоциативного правила r_i; k — количество правил ассоциации в наборе правил ассоциации, созданном на основе данных ранжирования двух пользователей u_a, u_b.

Мера интенсивности статистической импликации $\varphi(a,b)$ правила $a \rightarrow b$ определяется по формуле [1]:

$$\varphi(a,b) = 1 - \sum_{k=\max(0, n_A - n_B)}^{n_{A\bar{B}}} \frac{C_{n_B}^{n_A - k} C_{n-n_B}^{k}}{C_n^{n_A}}, \quad (2)$$

где n — количество пользователей, $n_A = |A|$ и $n_B = |B|$ — количество элементов множеств A и B; $n_{A\bar{B}} = |A \cap \bar{B}|$ — число контрпримеров (это число объектов, которые удовлетворяют свойству a, но не удовлетворяют свойству b).

Псевдокод алгоритма для определения меры сходства статистической импликации между двумя пользователями u_a, u_b выглядит следующим образом:

Входные данные — это рейтинговые данные для продуктов двух пользователей u_a, u_b.

Выходные данные: значение сходства между двумя пользователями u_a, u_b.

Последовательность действий:

Шаг 1. Необходимо сгенерировать ассоциативные правила на основе рейтинговой матрицы пользователя.

Шаг 2. Следует выбрать ассоциативные правила для двух пользователей — u_a, u_b:
- выбрать продукты, оцененные пользователями u_a: $\overline{I_{ua}}$;
- выбрать продукты, не оцененные пользователями u_b: $\overline{I_{ub}}$;
- выбрать ассоциативные правила вида $X \rightarrow Y$, где $X \in I_{ua}; Y \in \overline{I_{ub}}$ и $X \cap Y = \varnothing$.

Шаг 3. Вычисляются значения параметров $n, n_A, n_B, n_{A\bar{B}}$ для каждого правила из выбранного набора ассоциативных правил.

Шаг 4. Определяется величина интенсивности статистической импликации для выбранного набора ассоциативных правил.

Шаг 5. Определяется степень сходства между двумя пользователями — u_a, u_b, в частности:
- вычисляется среднее значение интенсивности статистической импликации для набора правил ассоциации $\bar{S}$;
- определяется значение сходства между двумя пользователями u_a, u_b: $SIS(u_a, u_b) = 1 - \bar{S}$.

Примечание: $0 \le II(r_i) \le 1$, то $0 \le i = \sum_{i=1}^{k} II(r_i) / k \le 1$.

Таким образом, $SIS(u_a, u_b) \in [0,1]$.

Пример 1. Рассмотрим рейтинговую матрицу двух пользователей $\{u_1, u_2\}$, оценивающих четыре продукта $\{i_1, i_2, i_3, i_4\}$ (см. табл. 1).

Таблица 1.

Рейтинговая матрица двух пользователей

	i_1	i_2	i_3	i_4
u_1	0	4	4	1
u_2	0	0	4	0

Источник: составлено авторами на основе проведенного исследования.

Первым шагом является создание ассоциативных правил из матрицы ранжирования. Затем производится выбор правила для двух пользователей — u_1, u_2. Ассоциативные правила двух пользователей сведены в таблицу 2.

Таблица 2.

Ассоциативные правила двух пользователей u_1, u_2

№	Ассоциативные правила
1	$\{i_2=4\} \rightarrow \{i_1=0\}$
2	$\{i_4=1\} \rightarrow \{i_1=0\}$
3	$\{i_3=4\} \rightarrow \{i_1=0\}$
4	$\{i_3=4\} \rightarrow \{i_2=0\}$
5	$\{i_3=4\} \rightarrow \{i_4=0\}$
6	$\{i_2=4, i_4=1\} \rightarrow \{i_1=0\}$
7	$\{i_2=4, i_3=4\} \rightarrow \{i_1=0\}$
8	$\{i_3=4, i_4=1\} \rightarrow \{i_1=0\}$
9	$\{i_2=4, i_3=4, i_4=1\} \rightarrow \{i_1=0\}$

Источник: составлено авторами на основе проведенного исследования.

Следующим шагом является определение параметров $n, n_A, n_B, n_{A\bar{B}}$ для каждого правила ассоциации и вычисление величины интенсивности статистической импликации на основе этих параметров. Результаты этого шага представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Значение параметров и величина интенсивности статистической импликации каждого правила ассоциации

№	Правило ассоциации	n	n_A	n_B	$n_{A\bar{B}}$	Интенсивность
1	$\{i_2=4\} \rightarrow \{i_1=0\}$	2	1	1	0	0,49
2	$\{i_4=1\} \rightarrow \{i_1=0\}$	2	1	1	0	0,49
3	$\{i_3=4\} \rightarrow \{i_1=0\}$	2	2	1	1	0,38
4	$\{i_3=4\} \rightarrow \{i_2=0\}$	2	2	1	1	0,38
5	$\{i_3=4\} \rightarrow \{i_4=0\}$	2	2	1	1	0,38
6	$\{i_2=4, i_4=1\} \rightarrow \{i_1=0\}$	2	1	1	0	0,49
7	$\{i_2=4, i_3=4\} \rightarrow \{i_1=0\}$	2	1	1	0	0,49
8	$\{i_3=4, i_4=1\} \rightarrow \{i_1=0\}$	2	1	1	0	0,49
9	$\{i_2=4, i_3=4, i_4=1\} \rightarrow \{i_1=0\}$	2	1	1	0	0,49

Источник: составлено авторами на основе проведенного исследования.

Наконец, сходство между пользователями u_1, u_2 определяется следующим образом: $SIS(u_a, u_b) = 1 - 0{,}45 = 0{,}55$.

Алгоритм поддержки принятия решения для прогноза рейтинга продуктов при отсутствующих оценках на основе меры сходства статистической импликации

Рекомендательная модель совместной фильтрации, основанная на мере сходства статистической импликации, описывается следующим образом:

$$CFRS = <U, I, R, F>, \quad (3)$$

где $U = \{u_1, u_2, \ldots, u_n\}$ — множество n пользователей системы; $I = \{i_1, i_2, \ldots, i_m\}$ — множество m продуктов системы; $R = \{r_{j,k}\}$ — рейтинговая матрица пользователей для продуктов, где каждая строка представляет пользователя $u_j (1 \le j \le n)$, каждый столбец представляет продукт $i_k (1 \le k \le m)$, $r_{j,k}$ — значение рейтинга пользователя u_j для продукта i_k; $F : U \times I \times R \to I_{u_a}$ — вычислительная функция, позволяющая определить продукты, которые необходимо рекомендовать пользователю $u_a \in U$: $I_{u_a} = \{i^1_{u_a}, \ldots, i^N_{u_a}\}$.

Псевдокод алгоритма поддержки принятия решения для прогноза рейтинга продуктов при отсутствующих оценках на основе меры сходства статистической импликации выглядит следующим образом:

Входные данные: набор пользователей U, набор продуктов I, рейтинговая матрица пользователей для продуктов R, при этом нужная пользователю рекомендация обозначена как u_a.

Выход: продукты, которые необходимо рекомендовать пользователю $u_a \in U$: $I_{u_a} = \{i^1_{u_a}, \ldots, i^N_{u_a}\}$.

Последовательность действий:

Шаг 1. Необходимо определить список k пользователей, похожих на пользователя u_a.

Для каждого пользователя $u_i \in U$ следует:
- определить значение меры сходства между u_a и u_i на основе меры сходства статистической импликации: $SIS(u_a, u_i)$;
- выстроить список пользователей по убыванию значения сходства;
- выбрать первых k пользователей с наибольшим значением меры сходства ($N(u_a)$).

Шаг 2. Рассчитываются прогнозируемые рейтинги продуктов:
- определяются продукты, которые пользователь u_a не оценил ($r_{a,k} = \varnothing$);
- рассчитываются прогнозируемые рейтинги для этих продуктов по формуле:

$$\overline{r_{a,k}} = \frac{1}{\sum_{i \in N(a)} s_{a,i}} \sum_{i \in N(a)} s_{a,i} r_{i,k},$$

где $s_{a,i}$ — значения сходства между u_a и u_i; $r_{i,k}$ — значение рейтинга пользователя u_i для продукта i_k.

Шаг 3. Выбрать продукты для рекомендации пользователю u_a:
- отсортировать продукты по убыванию значения их прогнозируемых рейтингов ;
- выбрать продукты с наивысшим значением прогнозируемых рейтингов, для того чтобы представить их пользователю u_a.

Пример 2. Чтобы более наглядно проследить последовательность действий в рамках алгоритма, предположим, что система предлагает пользователям выбрать восемь условных продуктов (от i_1 до i_8), и в настоящее время в системе есть 10 пользователей (от u_1 до u_{10}), которым присвоены рейтинги продуктов. Товары оцениваются по шкале от 1 до 5 (где «1» — самая низкая оценка; «5» — самая высокая оценка; а «?» — продукт, не имеющий рейтинга от пользователя). Система должна рекомендовать продукты новому пользователю u_a с коэффициентом k, равным 4 (то есть расчет производится для четырех похожих пользователей), как показано в таблице 4.

Таблица 4.

Рейтинговая матрица между пользователями и продуктами

	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	i_7	i_8
u_1	?	4,0	4,0	1,0	2,0	2,0	?	?
u_2	3,0	?	?	?	5,0	1,0	?	?
u_3	4,0	?	?	3,0	2,0	2,0	?	3,0
u_4	3,0	?	3,0	2,0	1,0	?	5,0	4,0
u_5	1,0	1,0	?	?	?	?	?	1,0
u_6	?	1,0	?	?	?	1,0	?	1,0
u_7	1,0	4,0	?	2,0	?	4,0	4,0	?
u_8	5,0	?	4,0	3,0	?	2,0	3,0	1,0
u_9	?	1,0	3,0	?	?	?	1,0	?
u_{10}	2,0	?	?	?	?	3,0	2,0	1,0
u_a	?	?	4,0	2,0	?	1,0	?	3,0

Источник: составлено авторами на основе проведенного исследования.

Исходя из описанного выше требования рекомендательная система определяет список пользователей, похожих на u_a, опираясь на меру сходства статистической

импликации, включая: u_1, u_4, u_7, u_8, как показано на рисунке 1:

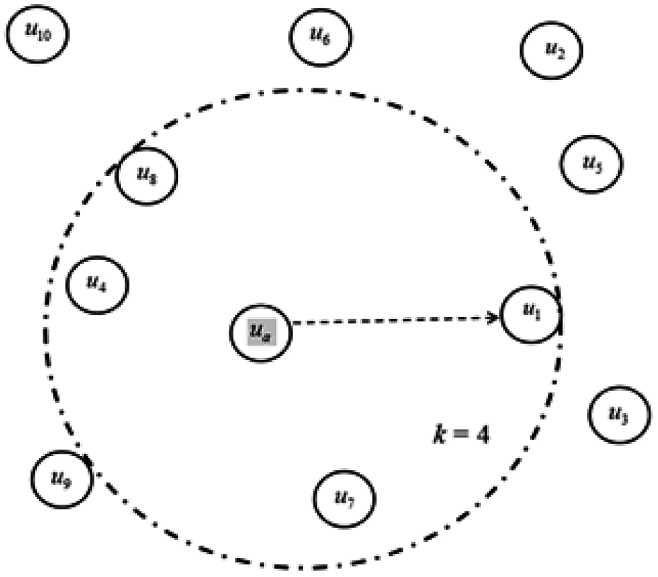


Рис. 1. Определение списка пользователей, похожих на пользователя u_a при $k = 4$

Источник: составлено авторами на основе проведенного исследования.

В таблице 5 приведен расчет списка прогнозируемых продуктов для пользователя u_a.

Таблица 5.

Расчет списка прогнозируемых продуктов для пользователя u_a

	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	i_7	i_8
u_a	?	?	4,0	2,0	?	1,0	?	3,0
r_a	3,0	4,0			1,5		4,0	

Источник: составлено авторами на основе проведенного исследования.

На основе перечня похожих пользователей составляется система рекомендаций и осуществляется вычисление значения рейтинга для продуктов, рекомендуемых пользователю u_a и продуктов без рейтинга, и направляет пользователю u_a рекомендуемые продукты (включая: i_1, i_2, i_7), как показано в табл. 5.

Итак, в данной статье авторами была рассмотрена мера сходства для рекомендательной системы на основе метода анализа статистической импликации. Кроме того, разработан алгоритм поддержки принятия решения для прогноза рейтинга продуктов при отсутствующих оценках с учетом меры сходства статистической импликации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Квятковская И.Ю. Модель и алгоритм поддержки принятия решения по выбору продуктов для рекомендации пользователю на основе метода анализа статистической импликации / И.Ю. Квятковская, Во Тхи Хуен Чанг, Чан Куок Тоан // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. — 2023. — № 2. — С. 116–124. — URL: https://doi.org/10.24143/2072-9502-2023-2-116-124. EDN UHNZRL. — Текст электронный.
2. David H. Glass. Confirmation measures of association rule interestingness // Knowledge-Based Systems. — 2013. — № 44. — Pp. 65–77.
3. Шуршев В.Ф. Модель системы поддержки принятия решений на основе рассуждений по прецедентам / В.Ф. Шуршев, Г.А. Кочкин, В.Р. Кочкина // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. — 2013. — № 2. — С. 175–183.
4. Kvyatkovskaya I.Y. Methodology of a support of making management decisions for poorly structured problems / I.Y. Kvyatkovskaya, V.F. Shurshev, M.B. Frenkel // Communications in Computer and Information Science. — 2015. — Т. 535. — С. 278–291.
5. Gras R. An overview of the Statistical Implicative Analysis (SIA) development / R. Gras, P. Kuntz // Statistical Implicative Analysis — Studies in Computational Intelligence, Springer-Verlag. — 2008. — № 127. — Pp. 11–40.
6. Gras R. Notion of Implicative Fields in Statistical Implicative Analysis / R. Gras, P. Kuntz, N. Greffard // VIII Colloque International — VIII International Conference A.S.I. Analyse Statistique Implicative — Statistical Implicative Analysis Radès (Tunisie). — Novembre. — 2015. — Pp. 29–46.

© Во Тхи Хуен Чанг (vthtrang@mail.ru); Квятковская Ирина Юрьевна (i.kvyatkovskaya@astu.org); Чан Куок Тоан (hoaivan219@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.08

ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ КОНТУРНЫМ МЕТОДОМ

SEARCH FOR OPTIMUM ROUTES IN WIRELESS NETWORKS BY THE LOOP METHOD

K. Gaipov
A. Demicheva
M. Demichev
D. Abramchik
I. Krikunov

Summary: *Formulation of the problem*. The introduction of satellite constellations in medium and low orbits for the provision of data transmission services requires the designers of such a system to determine a number of parameters when creating its appearance, such as the bandwidth of radio channels of subscriber, feeder and inter-satellite communication lines, the power of signal emission, and the assessment of the possibility of transmitting a given volume information and more. This article provides an algorithm for the formation of a mathematical model for assessing the possibility of data transmission at a given rate between sources and receivers and searching for the required frequency bands of communication channels.

Target. Development of an optimization mathematical model for solving the problem of parametric synthesis of satellite systems and multipath routing, where the optimality criterion is the determination of the minimum required data rate of the inter-satellite communication channel.

Used methods. The calculation is carried out by the contour method based on the tensor analysis of telecommunication networks, according to which information flows passing through communication channels are expressed through a linear combination of flows circulating in linearly independent graph cycles. Using flows in contours allows you to reduce the number of variables in the mathematical model.

Novelty. It consists in adapting the contour analysis method to the problem of parametric synthesis, to search for the required frequency bands for each communication channel.

Result. A mathematical model has been formed to calculate the distribution of traffic flows in the system's communication channels, with the introduction of known information flows from sources to recipients.

Practical significance. The proposed algorithm can be used in the development of wireless data transmission systems, in particular satellite systems.

Keywords: routing, graph, contour method, telecommunication network, frequency distribution.

Гаипов Константин Эдуардович
к.т.н., доцент, Научная лаборатория «Спутниковые телекоммуникационные системы», СибГУ им. М.Ф. Решетнева
gaipovke@yandex.ru
Демичева Алена Алексеевна
младший научный сотрудник, Научная лаборатория «Спутниковые телекоммуникационные системы», СибГУ им. М.Ф. Решетнева, demichevaalena@yandex.ru
Демичев Максим Сергеевич
Инженер-конструктор по защите информации, АО НПП «Радиосвязь»
mdemichev@yandex.ru
Абрамчик Даниил Дмитриевич
СибГУ им. М.Ф. Решетнева
abramchik_daniil@mail.ru
Крикунов Илья Леонидович
аспирант, младший научный сотрудник, Научная лаборатория «Спутниковые телекоммуникационные системы», СибГУ им. М.Ф. Решетнева
Zaybernev@mail.ru

Аннотация: *Постановка задачи*. Ввод спутниковых группировок на средней и низкой орбитах для предоставление услуг передачи данных, требует от проектировщиков такой системы определение ряда параметров при создании ее облика, таких как ширина полосы частот радиоканалов абонентских, фидерных и межспутниковых линий связи, мощность излучения сигналов, оценка возможности передачи заданного объема информации и другое. В данной статье приводится алгоритм формирования математической модели для оценки возможности передачи данных с заданной скоростью между источниками и приемниками и поиск необходимой полос частот каналов связи.

Цель. Разработка оптимизационной математической модели для решения задачи параметрического синтеза спутниковых систем и многопутевой маршрутизации, где в качестве критерия оптимальности выступает определение минимально необходимой скорости передачи данных межспутникового канала связи.

Используемые методы. Расчет осуществляется контурным методом, основанным на тензорном анализе телекоммуникационных сетей, согласно которому информационные потоки, проходящие через каналы связи, выражаются через линейную комбинацию потоков, циркулирующих в линейно-независимых циклах графа. Использование потоков в контурах позволяет уменьшить число переменных в математической модели.

Новизна. Состоит в адаптации контурного метода анализа к задачи параметрического синтеза, для поиска требуемых полос частот каждого канала связи.

Результат. Сформирована математическая модель для расчёта распределения потоков трафика в каналах связи системы, при введении известных информационных потоков от источников до получателей.

Практическая значимость. Предложенный алгоритм можно применять при разработке беспроводных систем передачи данных, в частности спутниковых систем.

Ключевые слова: маршрутизация, граф, контурный метод, телекоммуникационная сеть, распределение частот.

Благодарности: Работа выполнена в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» СибГУ им. М.Ф. Решетнева.

Введение

Спутниковые системы передачи данных используются в различных сферах жизни людей: передача данных между абонентами, обеспечение средствами навигации, технологии дистанционного зондирования Земли для изучения и постоянного мониторинга планеты, и другие. Космические системы, позволяют передавать данные любому абоненту, даже если проведение оптоволоконной связи является затруднительным из-за различных особенностей Земной поверхности.

При объединении космических аппаратов (далее — КА), полученную сеть можно представить в виде системы беспроводной инфокоммуникационной связи, следовательно, для неё необходимо организовать определение маршрута передачи данных, который должен соответствовать определенным критериям, например, затрачивать минимальное количество ресурса сети или обеспечивать максимально возможную скорость передачи данных.

При определении структуры телекоммуникационной сети используются различные математические алгоритмы, что представлено в [1–12]. Оптимизация маршрута передачи трафика позволяет рассчитать самый быстрый и энергоэффективный маршрут с учетом заданных критериев [14–19]. При этом вопрос поиска маршрутов включает в себя множество отраслей, как передача информации по каналам связи телекоммуникационных сетей, как показано в [16, 20], так и логистические задачи [17, 21]. Актуальным вопросом также является взаимодействие и построение оптимальных маршрутов в беспроводных сетях связи [22] и между космическими и наземными сетями, что отражено в [23]. Таким образом вопрос поиска маршрутов является актуальным для решения множества различных задач.

Для решения задач маршрутизации, обычно, используются алгоритмы Дейкстры или Беллмана-Форда, однако результатом их выполнения является однопутевой кратчайший маршрут от источника до приемника. В различных системах, нахождение всего одного маршрута будет не эффективным. В настоящее время актуальна задача многопутевой маршрутизации для систем связи, которая рассматривается в статьях [24, 25], а также для спутниковых систем связи [26–29].

Целью данной статьи является разработка оптимизационной математической модели для решения задачи параметрического синтеза спутниковых систем и многопутевой маршрутизации, в качестве критерия оптимальности выступает определение минимально необходимой скорости передачи данных межспутникового канала связи.

1. Постановка задачи

Дано:

1. Дана беспроводная сеть произвольной топологии $G = (V, E, D)$, где V — число узлов, E — число соединений (каналов связи), D — матрица, описывающая объем трафика, который необходимо передать от узлов источника (передатчика) до узлов стока (приемника).
2. Вектор L, описывающий стоимость организации канала связи.
3. Вектор ρ, определяющий предельно допустимую загрузку каналов связи.

Необходимо:

1. Определить маршруты прохождения трафика.
2. Определить минимально необходимую скорость передачи данных.

2. Ход решения

Узлы в сети могут быть, как узлами-источниками, так и узлами-стоками. Дополнительно введем каналы, описывающие трафик источника и получателя, проходящий

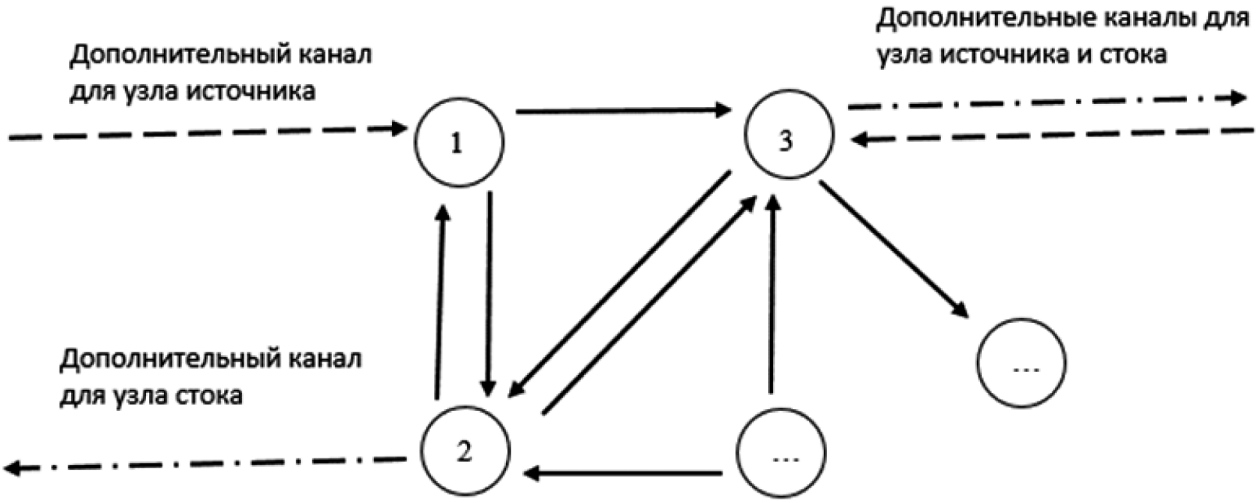


Рис. 1. Добавление дополнительных каналов для узлов источников и стоков

через эти узлы. Для узла источника канал будет направлен к узлу (для наглядности линия показана пунктиром), а для узла стока из узла (для наглядности линия показана штрих-пунктиром), Рис. 1.

Матрица запроса *D* определяет известный объем трафика, передаваемого от узла источника A_i по каналу B_k ($i \le V$, $k \le E$). В самом простом случае известен объем трафика, который поступает от узла источника, либо должен быть получен узлом получателем, однако в общем случае объем передаваемого трафика может быть определен для любого канала. Строки матрицы нумеруются согласно количеству узлов в сети, а столбцы — количеству каналов (*E*). На пересечении ячеек находятся численные значения величины объема трафика $d_{i,k}$, проходящего через рассматриваемый канал. Обозначения *B*1, *B*2 …*Bk* на Рис. 2 описывают количество возможных источников трафика, который может быть передан в сети.

		число источников трафика						
		B1	B2	...	...	...	...	Bk
узлы источников	A1	d11	d12	...	...	...	...	d1k
	A2	d21	d22	...	...	...	...	d2k
	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...	...	...	...
	Ai	di1	di2	...	...	...	...	dik

Рис. 2. Общий вид матрицы запросов *D*

Введем дополнительный узел, называемый «нулевым» узлом, который необходим только для проведения математических вычислений и не учитывается в реальной топологии сети. По известным алгоритмам определим дерево графов, которое представляет собой граф из *V* вершин и нулевой вершины, соединенных между собой. Соединения в данном графе будем называть ветвями. Соединения являются однонаправленными и определяются направлением движения трафика.

Если узел является и источником, и стоком, то одно соединение считается ветвью, другое — хордой.

Определим контуры в сети. Под контуром будем понимать такой замкнутый маршрут в сети, который включает в себя две и более ветвей графа и одно соединение (канал связи в исходной сети, который в дальнейшем будем обозначать хордой). Если узел является и источником, и стоком одновременно, то контур будет включать одну ветвь и одну хорду. Таким образом добавление одной хорды в дерево графов определяет один новый контур. Число источников обозначим *S*, число хорд (контуров) обозначим *H*. Для удобства вычислений пусть номер контура совпадает с номером хорды, которая его образовывает.

Контуры в сети описываются матрицей контуров *C*, рис. 3. Она имеет значения по вертикали — контуры в сети, по числу хорд в сети (в количестве *H*), по горизонтали — контуры в сети, по числу соединений в хорд (в количестве *H*) и ветви дерева графов (в количестве *V*). На пересечении указывается одно из значений: 0 — если ребро не входит в контур, 1 — если ребро входит в контур и направлено по направлению рассматриваемой хорды, –1 — если ребро входит в контур и направлено в противоположном направлении рассматриваемой хорды. Таким образом в левой части матрицы образуется единичная диагональная матрица.

		контуры в сети					ветви дерева графов					
		x1	x2	x3	...	xj	y1	y2	y3	y4	...	yi
контуры в сети	x1	1	0	0	...	0						
	x2	0	1	0	...	0						
	x3	0	0	1	...	0						
	...	...	...	...	...	0						
	xj	0	0	0	0	1						

Рис. 3. Матрица контуров *C*

Каждый контур имеет одну хорду, тогда поток, проходящий по хорде, определяет поток в контуре. Следовательно поток в контуре соответствует потоку в хорде. Таким образом зная потоки в хордах, можно определить потоки в ветвях. Из этого следует, что можно полностью описать потоки в графе, если известны потоки в хордах, что позволит уменьшить количество переменных для решения задачи синтеза сети.

Для каждого источника введем вектор состояний (1), описывающий поток по каналу связи от источника. Данный вектор состоит из элементов $a_i\_h_j$, которые означают поток от a_i источника в хорде h_j, где *i* определяется числом источников ($i \le S$), а *j* — числом хорд ($j \le H$). Вектор состояний для каждого из источников не может быть отрицательным, в связи с тем, что в хордах не может протекать отрицательное значение трафика.

$$A_i = \begin{pmatrix} a_i\_h_1 \\ a_i\_h_2 \\ \dots \\ a_i\_h_j \end{pmatrix} \quad (1)$$

Для каждого канала связи численно зададим вектор, который необходим для определения предельно допустимой загрузки каналов связи. Каждый из элементов данного вектора лежит в пределах $0 < \rho_j \le 1$. Данный вектор задается численно в зависимости от условий задачи.

$$\rho = \begin{pmatrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \dots \\ \rho_j \end{pmatrix} \quad (2)$$

Также введем дополнительный вектор стоимости организации канала связи L (3), который будет описывать затраты при использовании каналов передачи данных. Каждый из элементов данного вектора не может быть отрицательным, либо равным нулю. Данный вектор задается численно в зависимости от условий задачи и требует дополнительных исследований.

$$L = \begin{pmatrix} L_1 \\ L_2 \\ \dots \\ L_j \end{pmatrix} \quad (3)$$

Входящий в систему трафик распределяется по ее ребрам, по одному ребру может проходить трафик от разных источников. Используя матрицу контуров сети и вектора состояний узла источника, можно определить объем трафика от каждого источника в определенном ребре.

Сумма потоков от каждого источника определяет общий поток в системе: $A = \sum_{i=1}^{S} \left(C^T A_i \right)$, где S — количество источников.

Для одного источника поток в каждом из ребер определяется как произведение матриц: $C^T A_i$.

Полученные значения равны y_i столбцу в матрице запросов D.

Определим целевую функцию. В общем виде целевая функция (4) имеет конечное множество переменных и критерий минимизации или максимизации.

$$F = \sum_{j=1}^{H} L_j \frac{\sum_{i=1}^{V} a_i \_ h_j}{\rho_j n_j} \rightarrow \min \quad (4)$$

Вектор n можно выбирать согласно стандарту беспроводной связи, используемому в системе передачи данных, например DVB-S2 [30], DVB-S2X [31], который показывает спектральную эффективность для заданного значения отношения сигнал/шум.

Используя составленные неравенства, уравнения и определенную целевую функцию, можно найти искомые значения переменных.

Заключение

В работе был составлен алгоритм поиска оптимальных маршрутов передачи данных в сети. Сеть представляется в виде графа с определенными параметрами каналов, узлами-приемниками и узлами-отправителями потока данных. Для задачи составлена целевая функция, минимизирующая общий поток в системе, и учитывающая стоимость, затрачиваемую на передачу по каждому из каналов связи. Линейная целевая функция может быть изменена под потребности определенной системы, однако работа алгоритма решения задачи синтеза не изменится. Алгоритм учитывает стоимость создания и обслуживания системы, за счет включения значения вектора стоимости в целевую функцию.

Разработка оптимизационной математической модели для решения задачи параметрического синтеза спутниковых систем свелась к задаче поиска наикратчайшего маршрута методами линейного программирования. Для формирования задачи затрачено $O(VES)$ времени, а для ее решения — $O(V^3S^3)$. Сложность решения определяется сложностью решения задачи линейного программирования.

Сравнить предложенный алгоритм с алгоритмами многопутевой и однопутевой маршрутизации однозначно нельзя, в связи с тем, что предложенный в данной статье алгоритм помимо маршрутов передачи данных определяет пропускные способности каналов связи, необходимые для обеспечения требуемой скорости передачи и качества обслуживания системы. Научные публикации, рассматриваемые по данной тематике [10, 26, 32], имеют нелинейные целевые функции, поэтому такие задачи имеют большую размерность. А также линейная задача всегда имеет решение, которое находится за конечное время.

Достоинствами алгоритма являются: возможность применения алгоритма к сетям различной структуры и количеству элементов сети; возможность использования различных целевых функций под определенные задачи инфокоммуникационных систем; алгоритм может быть использован как при проектировании новых сетей, так и при изменении параметров существующих.

ЛИТЕРАТУРА

1. Листопад Н.И. Синтез оптимальных сетей телекоммуникаций с учетом обеспечения требований заданного качества обслуживания // Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. 2014. №2 (80). С. 159–168.
2. Моисеев О.В., Фам Т.Ф. Теоретико-графовая модель телекоммуникационной сети на основе триангуляционного разбиения // Телекоммуникации. 2018. №2. С. 12–16.
3. Соколова О.Д. Графовые модели для задач функционирования современных сетей передачи данных // Проблемы информатики. 2014. №4 (15). С. 61–68.
4. Евглевская Н.В., Хмелляр Н.А., Шинкарев. С.А. Построение сети передачи данных как программно-конфигурируемой сети // Известия тульского государственного университета. Технические науки. 2021. №11. С. 272–278.
5. Журавель Е.П. Метод синтеза мультисервисной сети связи // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2018. Том 12. №10. С. 4–9.
6. Горай И.И., Журавлев Д.А., Буцев С.Ф. Синтез адаптивных сетей связи // Известия тульского государственного университета. Технические науки. 2022. №3. С. 339–347.
7. Ángel Corberán, Isaac Plana, Miguel Reula, José M. Sanchis // On the Distance-Constrained Close Enough Arc Routing Problem. European Journal of Operational Research. Volume 291, Issue 1, 16 May 2021, Pages 32–51.
8. Задорожный В.Н., Захаренкова Т.Р. Оптимизация распределения каналов по узлам сетей с фрактальным трафиком // Динамика систем, механизмов и машин. 2016. №2. С. 336–340.
9. Лисейкин Р.Е. Алгоритм зонирования региональной мультисервисной сети специального назначения // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2015. №1. С. 79–83.
10. Марголис Б.И., Музанна М.М. Синтез магистральных телекоммуникационных сетей // Программные продукты и системы. 2014. №1. С. 162–168.
11. Дмитриев Г.А., Марголис Б.И., Музанна М.М. Синтез структуры абонентских телекоммуникационных сетей // Программные продукты и системы. 2014. №1. С. 158–162.
12. Гутковская О.Л. Пономарев Д.Ю. Применение ортогональной модели телекоммуникационной сети для решения задачи оптимального распределения трафика // Кибернетика и программирование. 2017. № 1. С. 11–29.
13. Хоборова В.П. Научно-технические предложения по реализации совместного управления трафиком и пропускной способностью мультисервисных сетей // Международный журнал перспективных исследований. 2018. Том 8. №1. С. 157–168.
14. Yash Vinayak, M. Vijayalakshmi. Optimization Algorithms to Reduce Route Travel Time // Proceedings of International Conference on Recent Trends in Computing. 2023, march. P. 311–321.
15. Zhiwen Zhang, The University of Tokyo, Hongjun Wang, Southern University of Science and Technology, Zipei Fan, The University of Tokyo // Route to Time and Time to Route: Travel Time Estimation from Sparse Trajectories. Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases. 2023, march. P. 489–504.
16. Yingya Guo, Huan Luo, Zhiliang Wang, Xia Yin, Jianping Wu // Routing optimization with path cardinality constraints in a hybrid SDN. Computer Communications. Volume 165, 1 January 2021, Pages 112–121
17. De Paola, A., et al.: A multi-agent systemfor itinerary suggestion in smartenvironments. CAAITrans. Intell.Technol. 6 (4), 377–393 (2021).
18. Yongjun Zhang, Jingjie Xin, Xin Li, Shanguo Huang // Overview on routing and resource allocation-based machine learning in optical networks. Optical Fiber Technology. Volume 60, December 2020.
19. Zheheng Rao, Yanyan Xu, Shaoming Pan // An intelligent routing method based on network partition. Computer Communications. Volume 160, 1 July 2020, Pages 25–33.
20. Akinori Yoshida, Yutaka Shimada, Takayuki Kimura // Efficient routing strategy with transmission history information and its surrogate analysis. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications.Volume 566, 15 March 2021.
21. Samuel M. Fischer // Locally optimal routes for route choice sets. Transportation Research Part B: Methodological. Volume 141, November 2020, Pages 240–266.
22. Reham Almesaeed, Ahmed Jedidi // Dynamic directional routing for mobile wireless sensor networks. Ad Hoc Networks. Volume 110, 1 January 2021.
23. Juan A. Fraire, Olivier De Jonckère, Scott C. Burleigh // Routing in the Space Internet: A contact graph routing tutorial. Journal of Network and Computer Applications. Volume 174, 15 January 2021.
24. Волков А.С., Баскаков А.Е. Разработка алгоритма многопутевой маршрутизации в программно-конфигурируемых сетях связи // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2021. Том 15. №9. С. 17–23.
25. Visnyk NTUU KPI Seriia — Radiotekhnika Radioaparatobuduvannia, 2018, Iss. 72, pp. 32–41.
26. Иванов В.И. Алгоритм централизованной многопутевой маршрутизации с балансировкой нагрузки в негеостационарной спутниковой системе связи с межспутниковыми линиями // Системы управления, связи и безопасности 2018. №3. С. 69–105.
27. Н.В. Евглевская, Н.А. Хмелляр, С.А. Шинкарев Построение сети передачи данных как программно-конфигурируемой сети // Известия ТулГУ. Технические науки. 2021. Вып. 11. С. 272–278
28. А.И. Яшин Параметрический и структурный синтез пакетных мультисервисных сетей NGN // О-технический сборник. Выпуск 3 (142). 2014. С. 36–47.
29. О. В. Карсаев Концептуальная модель маршрутизации данных в многоспутниковой низкоорбитальной системе связи // Изв. Вузов. Приборостроение. 2021. Т. 64, № 10. С. 852–858
30. ETSI EN 302 307-1 V1.4.1 (2014-11).
31. ETSI EN 302 307-2 V1.3.1 (2021-07).
32. В.М. Вишневский Теоретические основы проектирования компьютерных сетей // Москва: Техносфера, 2003. С. 512.

© Гаипов Константин Эдуардович (gaipovke@yandex.ru); Демичева Алена Алексеевна (demichevaalena@yandex.ru);
Демичев Максим Сергеевич (rmdemichev@yandex.ru); Абрамчик Даниил Дмитриевич (abramchik_daniil@mail.ru);
Крикунов Илья Леонидович (Zaybernev@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.09

СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ БЛОК-СХЕМА СИСТЕМЫ РАННЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОБ ОПАСНЫХ ОТКЛОНЕНИЯХ В ПОКАЗАТЕЛЯХ КАЧЕСТВА ВОДЫ

STRUCTURE AND FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM OF AN EARLY WARNING SYSTEM FOR DANGEROUS DEVIATIONS IN WATER QUALITY

N. Golushkov
A. Kokuev

Summary: The problem under consideration solves the issue of preventing the spread of pollution in areas and elements with potential safety hazards by periodically collecting information about each sub-area (information about pollution sources around each monitoring point). The quality of water at monitoring points is assessed, the trend towards deterioration in water quality is analyzed, a forecasting model is built that allows you to prevent dangerous processes in advance, identify the area of pollution of the aquatic environment and the level of pollution, and also accurately assess the scale of the accident (that is, determine what character it has: local , object or local), process incoming information in a timely manner and take effective measures to prevent the consequences of an emergency. Due to the application of the proposed system, the integrated monitoring of the aquatic environment is improved.

Keywords: aquatic environment, monitoring, pollution source, water quality, analysis, assessment, module.

Голушков Николай Александрович
Аспирант, Астраханский государственный технический университет
kolian30rus@yandex.ru
Кокуев Андрей Геннадьевич
кандидат технических наук, доцент, Астраханский государственный технический университет

Аннотация: Рассматриваемая задача решает вопрос предотвращения распространения загрязнения в областях и элементах с потенциальными угрозами безопасности за счет периодического сбора информации о каждой подобласти (информации об источниках загрязнения вокруг каждой точки мониторинга). Качество воды в точках мониторинга оценивается, анализируется тенденция к ухудшению качества воды, строится модель прогнозирования, которая позволяет заранее предотвратить опасные процессы, идентифицировать площадь загрязнения водной среды и уровень загрязнения, а также точно оценить масштаб аварии (то есть определить какой она имеет характер: локальный, объектный или местный), своевременно обработать поступающую информацию и принять эффективные меры по предотвращению последствий чрезвычайной ситуации. За счет применения предлагаемой системы улучшается комплексный мониторинг водной среды.

Ключевые слова: водная среда, мониторинг, источник загрязнения, качество воды, анализ, оценка, модуль.

Цель

Разработка структуры и функциональной блок-схемы системы раннего предупреждения об опасных отклонениях в показателях качества воды.

Методология

Используется метод мысленного моделирования с элементами анализа и синтеза.

Результаты

Результатом является разработанная структура и функциональная блок-схема системы раннего предупреждения об опасных отклонениях в показателях качества воды.

Актуальность

Водная среда является важным фактором выживания и развития человеческого организма и, при этом, областью, которая подвергается наиболее серьезному антропогенному вмешательству и повреждению. Загрязнение и разрушение водной среды стали одной из основных экологических проблем в современном мире.

В связи с растущим вниманием к качеству и безопасности воды все чаще на международном уровне поднимаются вопросы, объединяющие эти проблемы с экономикой, обществом и устойчивым развитием окружающей среды.

Факторы, влияющие на водную среду и безопасность воды, отличаются разнообразием и неопределенностью, а контроль гидрологических, качественных и экологических показателей воды в различных областях зачастую выполняется путем отбора проб вручную и анализом в лаборатории. Данный метод является трудоемким и малоэффективным, на него затрачивается много времени, материальных и финансовых ресурсов из-за необходимости широкого и тщательного контроля. Поэтому проблема безопасности водной среды в контролируемой акватории остается актуальной, т. к. не может быть оценена в достаточной степени точно, эффективно и своевременно.

Предполагаемая реализация системы раннего предупреждения сможет помочь уменьшить негативные последствия от возникающих аварий.

Освещение проблемы и анализ текущего состояния решения проблемы

Существующие традиционные технологии оценки качества параметров среды обитания объектов аквакультуры и водных биологических ресурсов предполагают значительную роль ручного труда в измерении параметров, сборе проб воды и их анализе. Перспективным направлением является разработка методов и алгоритмов, позволяющих осуществлять эффективное управление системой оценки качества, которое предполагает сокращение ручного труда, более точный контроль, формирование оптимальных условий труда и, как результат, положительный экономический эффект.

Идея — метод направленный на решение проблемы:

Основная цель системы раннего предупреждения об окружающей среде водного объекта:

1) Усилить исследование характеристик и примеров внезапных аварий, суммировать различные произошедшие в прошлом аварии, а также их место и расположение.

При этом необходимо произвести настройку базы динамических данных основных источников риска (разделить водный объект на зоны с разным риском загрязнения и различными критериями).

Необходимо всесторонне изучить основные условия в каждом источнике повышенного риска и установить строгие меры предосторожности от загрязнения. Создать базу данных физико-химических характеристик всех видов ядовитых и вредных веществ, модельный банк данных о загрязнении окружающей среды.

Проанализировать и суммировать различные произошедшие в прошлом аварии, а также их место и расположение, чтобы создать базу данных о различных способах предотвращения аварий, мониторинга, обработки, методами борьбы с последствиями аварий.

2) Мониторинг и раннее предупреждение в режиме реального времени

В зонах с высоким риском загрязнения будет установлено соответствующее устройство мониторинга и предварительного предупреждения;

3) Быстрое реагирование на чрезвычайные ситуации

Соответствующая информация об источнике риска, случае возникновения загрязнения и акцепторе (сформированная модель предполагаемого эффекта действия), предоставляемая системой раннего предупреждения, должна быть оценена специалистом по управлению окружающей средой.

В этом случае необходимо обрабатывать информацию в чрезвычайно короткие сроки, по определенной схеме (в соответствии с видом аварии).

Разрабатывать несколько вариантов различных возможных схем ликвидации аварии, а после этого оценивать схемы и выбирать ту которая наиболее удовлетворяет нас (путем анализа).

Организовать выполнение мероприятий по выбранной схеме, а после этого отслеживать ход выполнения (пока внезапная авария не будет окончательно устранена).

Конструкция системы раннего предупреждения:

Общая структура системы разделена на (изображена на рисунке 1):

1. Подсистему взаимодействия человека и компьютера;
2. Подсистему базы данных;
3. Подсистему банка моделей;
4. Подсистему базы знаний;
5. Подсистему обработки проблем;

1) Подсистема взаимодействия человека и компьютера

Интерфейс взаимодействия человека и компьютера с изображением и различными диалоговыми режимами интуитивно устанавливает контакт между пользователем и компьютерной системой, реализует информационную обратную связь по результатам мониторинга.

Пользователь ожидает, когда компьютер, просигнализирует о результатах опасных отклонений параметров воды;

Для того что бы просигнализировать и выдать результат измерений система использует диалоговое окно, форму отчёта, карту с изображением точек мониторинга, анимацию, звук и так далее.

Интерфейс взаимодействия человека и компьютера является очень важным компонентом системы раннего предупреждения о качестве водной среды.

2) Подсистема базы данных

Данные, за которые отвечает эта подсистема, используются для хранения и управления всей системой. Дан-

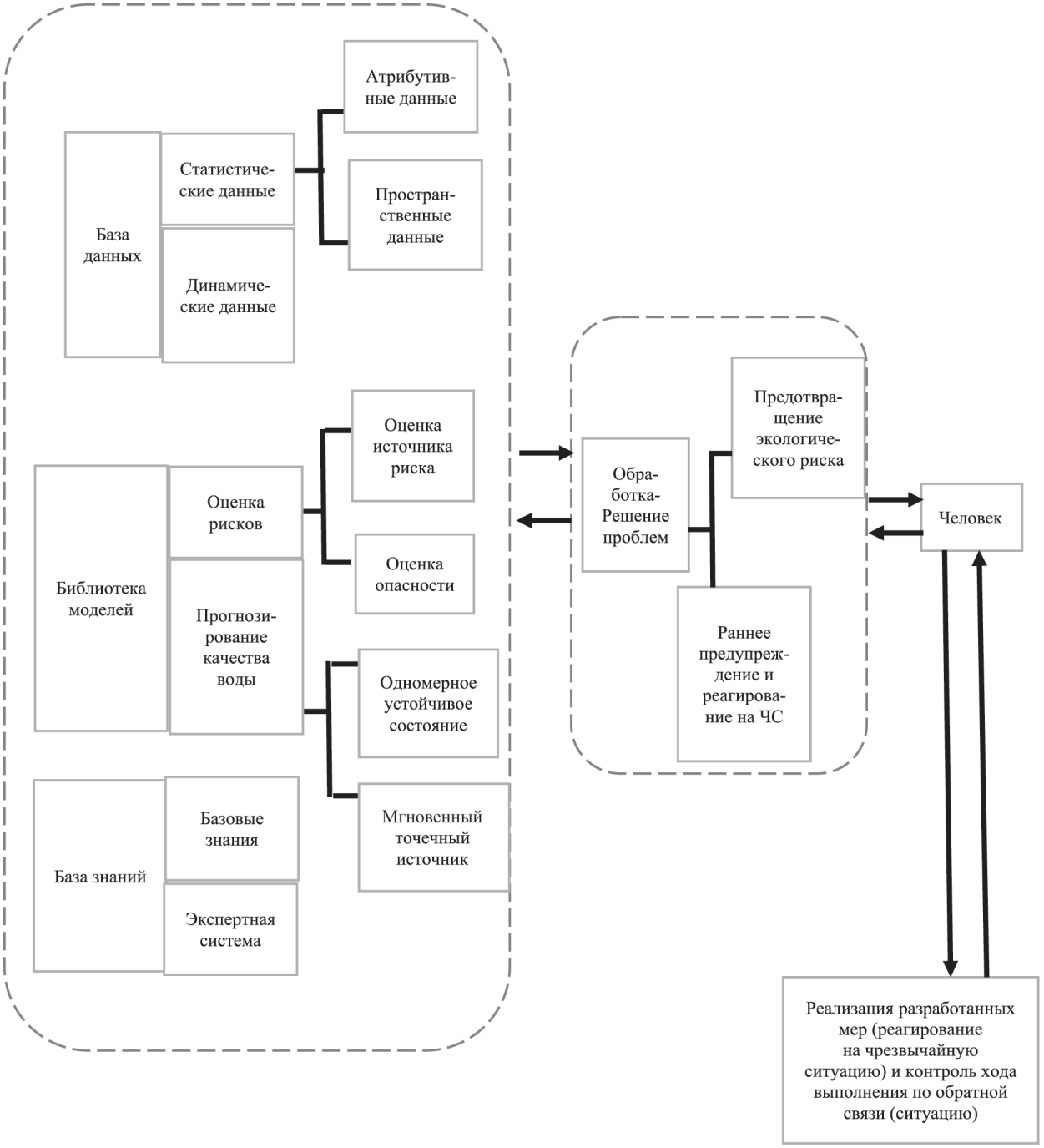


Рис. 1. Структурный чертеж системы раннего предупреждения об окружающей среде водного объекта

ные в подсистеме могут быть разделены на статические данные и динамические данные. Статические данные могут быть разделены на атрибутивные данные и пространственные данные.

Атрибутивные данные — описывают свойства объекта. Каждому объекту в системе может быть сопоставлена в соответствие атрибутивная база данных или знаний (текстовая, цифровая, графическая растовая и т.п. информация), что и сообщает выбранному объекту его содержательную определённость.

Подсистема в основном хранит статические данные атрибута с формой в MS Acess и веб-страницы.

Пространственные данные — то есть содержат информацию о пространственных характеристиках, например, о каждом выходе для слива сточных вод, станции очистки сточных вод и некоторой гидрографической информации в водной среде и т. д.

Система записывает пространственные данные (на хранение) в Arcview (программный продукт, удобен

для анализа и вывода картографических данных. Простое и эффективное средство для визуализации и анализа любых данных об объектах и явлениях, произвольно распределённых по территории (геоданных), а также выполняет функции географической электронной справочной таблицы. Это достигается за счёт привязки географических (пространственных) данных, в явном виде показываемых на карте, к табличной (атрибутивной) информации, содержащейся в традиционных базах данных. Кроме того, программа имеет полный набор средств деловой графики для полноценного анализа и поддержки принятия решений, а также адресно— географическая привязка информации)

Динамические данные — это данные которые обновляются в режиме реального времени (представляют собой данные автоматического мониторинга в режиме реального времени с сетевой передачей в базу данных).

3) Подсистема банка моделей

Эта система отвечает за хранение и управление используемой моделью системы. Используемая модель собственной системы включает модель оценки риска и модель прогнозирования качества водной среды.

Модель оценки риска в основном включает региональную модель оценки риска, модель оценки бизнес-риска, модель оценки опасности и т.д.

Модель качества воды включает двумерную стационарную модель и модель мгновенного точечного источника.

4) Подсистема базы знаний

Эта система в основном используется при принятии решений об экологических рисках, а также в качестве определения параметров физико-химических свойств допустимых регламентами (Гостами и Сводами правил), экологических стандартов, вредных материалов и чрезвычайных мер и т.д.

5) Подсистема обработки проблем

В этой подсистеме принимаются решения об устранении экологического риска, путем индукции и создания общей модели, которая решает проблему принятия решений, для её создания требуется:

Базовая модель (из банка моделей); Требуемые данные (из базы данных); Необходимые знания (из базы знаний)

После построения общей модели, в режиме диалогового окна между человеком и компьютером находится решение проблемы (то есть компьютер поддерживает принятие пользователем стратегического решения).

Соединение каждой части (данные, модель, знания, люди) системы в единое целое производится за счёт использования интерфейсов между ними.

Система обработки проблем — является ядром системы, а также является одним из сложных моментов её настройки.

Функциональный дизайн системы:

Система раннего предупреждения заключается в интеграции всех функций, таких как управление данными, графическое представление данных, анализ модели и вывод данных, а также управление экологическим риском в зоне и эффективный анализ системы аварийно-спасательной ситуации.

В соответствии с целью и функциональными требованиями системы, общая структура проектирования функций системы, как показано на рисунке 2.

Функция обслуживания системы включает в себя ввод, модификацию, удаление информации.

Типирование атрибутивных данных в основном является основой в базовой базе данных, хранилищем информации о спасательных мерах.

Модуль информационного запроса в основном показывает текущую ситуацию в области экономики и экологического развития, важную информацию о водной среде, меры предосторожности в отношении экологического риска, а также текст информации об управлении чрезвычайными ситуациями и спасении и запрос карты.

Типизация пространственной информации включает ввод базовой, географической информации о бассейне, такой как водозабор, станция очистки сточных вод.

Региональная функция управления экологическими рисками включает в себя ежедневное предупреждение об экологическом риске и раннее предупреждение об экологическом риске. Это основа всей системной функции.

При этом ежедневная мера предосторожности от экологического риска включает в себя следующие две функции:

1) использует региональную модель оценки экологического риска, согласно которой в бассейне проводится зонирование экологического риска, и разрабатывает каждую региональную стратегию управления окружающей средой и меру аспектного предложения ведущего фактора риска в соответствии с каждой зоной из зоны;

2) используйте модель оценки бизнес-рисков, при которой различные предприятия проводят оценку эко-

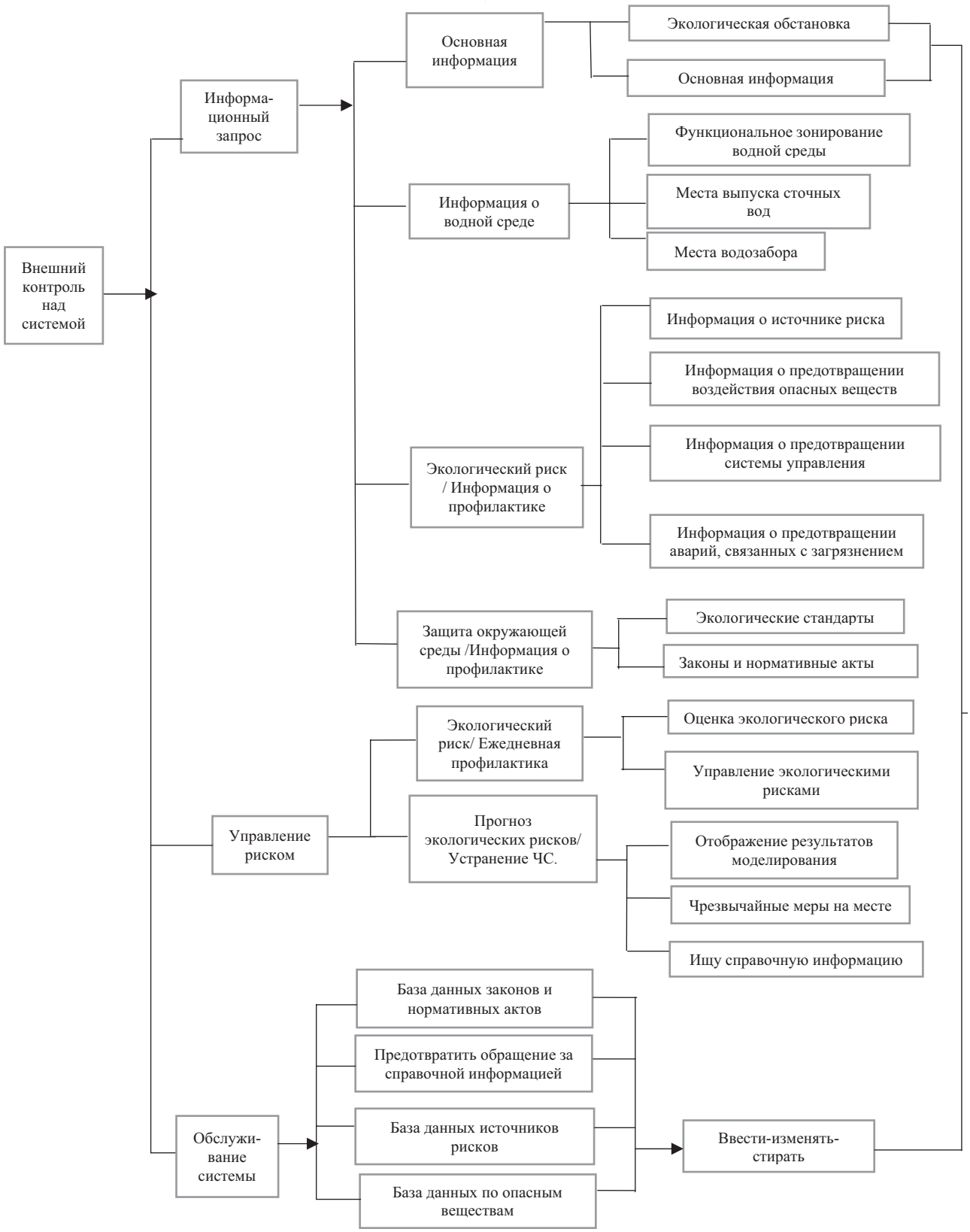


Рис. 2. Функциональная блок-схема системы раннего предупреждения

логического риска, и разработайте стратегию и оценку ведущего фактора, предлагающего предприятиям контроль экологического риска в зависимости от предприятия.

Раннее предупреждение об аварии и аварийной ситуации, связанных с экологическим риском, в основном осуществляется с помощью автоматического слива сточных вод, который должен контролироваться в режиме реального времени, анализируются данные мониторинга, если обнаруживается, что данные мониторинга необычны, затем вызывается модель прогнозирования качества воды вблизи акцептора окружающей среды, сразу выполняется прогноз качества воды и составляется рейтинг опасности этот акцептор подвергается воздействию модели оценки опасности и обеспечивает соответствующую поддержку принятия решений в чрезвычайных ситуациях в соответствии с прогнозированием результата.

Выводы

В настоящее время в условиях острой конкуренции между предприятиями и нехватки ресурсов всё более остро встают эколого-экономические проблемы и именно поэтому необходима разработка новых методов и алгоритмов управления предприятием, что невозможно реализовать без качественного сбора данных эколого-экономических процессов рыбопромышленного предприятия и последующим анализом, только после этого можно значительно повысить эффективность выработав новые методы и управленческие решения.

Предполагается, что предлагаемый подход позволит обеспечить комплексный мониторинг водного объекта с высокой точностью, эффективно и своевременно. При этом данный подход снизит трудоемкость и повысит эффективность мониторинга, а также поможет экономить время, материальные и финансовые ресурсы.

Научная и практическая значимость

Ухудшение состояния окружающей среды водоемов стало тенденцией во всем мире, и поэтому предлагаемая система мониторинга водной среды, предупреждающая о превышениях значений показателей качества воды, стала необходимым средством принятия мер предупреждения аварий и загрязнений окружающей среды, а также предотвращения распространения вреда от аварии.

Предполагаемый благоприятный эффект

Система производит мониторинг окружающей среды водного объекта при помощи моделирования и анализа прогноза, с дистанционным управлением и автоматическими технологиями, позволяющими полагаться на автоматическую реакцию (сигнализацию), которая выполняется в точках основных источников загрязнения.

Блок (система) раннего предупреждения об окружающей среде водного объекта, включает следующие этапы:

1) автоматический мониторинг — отслеживает сброс сточных вод (источника риска) в режиме реального времени в течение 24 часов;

2) данные автоматического мониторинга передаются в систему по сети, и по этим данным система определяет является ли сброс сточных вод нормальным или нет;

3) если сброс является ненормальным, то данные автоматического мониторинга немедленно передаются в блок прогнозирования качества воды, а также ищется информация в «базе данных об опасности аварии» по аналогичным параметрам — для выдачи экстренных контрмер для ликвидации последствий аварии.

4) по характеру загрязняющих веществ, которые были обнаружены в воде, проводится оценка опасности;

5) вызывается база данных, в которой отыскиваются (в соответствии с оценкой степени опасности и характером загрязняющих веществ) соответствующие вредные воздействия и необходимые экстренные меры противодействия нанесённому вреду.

Предполагается, что основанная на информационных технологиях, система раннего предупреждения об окружающей среде водоема будет всесторонне применять современные высокотехнологичные средства, такие как: географическая информационная система, сеть 4G, мультимедиа и тому подобное, а так же использовать технологию прогнозирования качества воды и сочетать в себе современную теорию управления рисками для окружающей среды, обеспечивая тем самым среду с высокой эффективностью и высокой практичностью для автоматизированного управление качеством водного объекта.

Заключение

Предполагается, что оценка реальной опасности веществ будет базироваться на установлении корреляционных связей между уровнями химического загрязнения и возникающими неблагоприятными эффектами [1].

Положительный эффект разрабатываемого метода также заключается в том, что обоснование безопасности среды обитания и здоровья населения с учётом факторов риска является одной из важнейших социальных и медицинских проблем, то есть необходима оценка вредных показателей (неблагоприятных эффектов) и на основании этих результатов выяснение интегрального показателя качества воды [2–4].

Формирование перечней приоритетных для контроля веществ и показателей может рассматриваться как оптимальное решение проблемы уравновешивания отрицательных тенденций и осуществляться на базе мониторинга водной среды и далее на основании этих данных можно судить о эффективности природоохранных мероприятий [5–6].

Промышленность выпускает почти все необходимые электронные функциональные узлы, необходимые для создания устройств измерительной и вычислительной техники, а также систем автоматики [7].

Водная среда является частью окружающей среды — пространства, в котором вода образуется, распределяется и преобразуется в природе, — и относится к совокупности различных природных и связанных с ними социальных факторов, которые могут прямо или косвенно влиять на жизнь и развитие людей [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Авалиани С.Л., Иродова Е.В., Печенникова Е.В., Шимонова Т.Е. Оценка реальной опасности химических веществ на основе анализа зависимости «концентрация (доза) — статус организма» // Гигиена и санитария. 1997. № 2. С. 58–60.
2. Айдинов Г.В. Современные гигиенические технологии в решении региональных проблем охраны здоровья населения: автореф. дис. … д-ра мед. наук. М., 1999. 48 с.
3. Гигиенические критерии состояния окружающей среды. Принципы и методы оценки токсичности химических веществ. Женева: ВОЗ, 1981. Ч. I. С. 312.
4. Голушков Н.А., Кокуев А.Г. Повышение эффективности управления предприятием с использованием интегральной оценки воды // 66-я Междунар. науч. конф. Астрахан. гос. техн. ун-та (Астрахань, 25–29 апреля 2022 г.): материалы. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2022. С. 320–322. Режим доступа: 1 CD-ROM. № государственной регистрации 0322203804.
5. Щербо А.П., Киселев А.В., Фридман К.Б. Организационно-методические аспекты применения методологии оценки риска в практической деятельности санэпидслужбы // Гигиена и санитария. 2002. № 6. С. 81–82.
6. Красовский Г.Н., Рахманин Ю.А., Егорова Н.А., Малышева А.Г., Михайлова Р.И. Гигиенические основы формирования перечней показателей для оценки и контроля безопасности питьевой воды // Гигиена и санитария. 2010. № 4. С. 8–12.
7. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника и микропроцессорная техника: учеб. М.: КноРус, 2013. 800 с.
8. Голушков Н.А., Кокуев А.Г. Интегрированная платформа мониторинга водной среды прудового хозяйства // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика 2023. № 1. С. 57–63. URL ://doi.org/10.24143/2072-9502-2023-1-57-63. EDN GQZCBW.

© Голушков Николай Александрович (kolian30rus@yandex.ru); Кокуев Андрей Геннадьевич.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.10

ЭРГОНОМИЧНОСТЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Горячкин Борис Сергеевич
кандидат технических наук, доцент;
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
bsgor@mail.ru
Байбарин Роман Григорьевич
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
rbaybarin@icloud.com

ERGONOMICS OF THE INTERACTION BETWEEN THE COMPONENTS OF THE CLIENT-SERVER ARCHITECTURE OF THE INFORMATION SYSTEM

B. Goryachkin
R. Baibarin

Summary: The article is devoted to the analysis of the efficiency of interaction between the components of the client-server architecture. The objects of research are the formats of the textual representation of transmitted messages. Their characteristics of transformation from a language structure object to a string and vice versa are analyzed. Four formats of text representation are parsed: JSON, XML, YAML, TOML. The research was conducted for two languages: Python and JavaScript. Exponentially weighted estimation (EVO) was used as a cleanup method. An integral criterion for evaluating different formats of textual representation was developed to reduce a multi-criteria problem to a single-criteria one. As a result of the research, the advantages of the JSON format in the speed of serialization and deserialization are shown.

Keywords. Serialization, deserialization, JSON, XML, YAML, TOML, EVO, client-server architecture, message enlargement ratio, ergonomics.

Аннотация. Статья посвящена анализу эффективности взаимодействия компонентов клиент-серверной архитектуры. Объектами исследования являются форматы текстового представления передаваемых сообщений. Анализируются их характеристики преобразования из объекта структуры языка в строку и наоборот. Анализируются четыре формата текстового представления: JSON, XML, YAML, TOML. Исследование проводилось для двух языков: Python и JavaScript. В качестве метода очистки от выбросов использовалось экспоненциально взвешенное оценивание (ЭВО). Был разработан интегральный критерий оценивания разных форматов текстового представления для сведения многокритериальной задачи к однокритериальной. В результате проведенных исследований показаны преимущества формата JSON в скорости сериализации и десериализации.

Ключевые слова: сериализация, десериализация, JSON, XML, YAML, TOML, ЭВО, клиент-серверная архитектура, коэффициент увеличения сообщения, эргономичность.

Введение

Современные тенденции развития информационных систем таковы, что все больше и больше разработчиков и поставщиков программного обеспечения (ПО) внедряют процессы серверной обработки данных для своих систем. Причин такого вектора развития много: обеспечение безопасности бизнес-процессов, сбор данных для Big Data аналитики [1], обеспечение взаимодействия пользователей в системах типа «чат» [2], увеличение популярности облачных решений и многое другое. При этом проблемы доступности серверного ПО и эффективности взаимодействия компонентов являются основополагающими в вопросах удобства работы с приложением. При этом под эффективностью взаимодействия понимается метрика, характеризующая время получения ответа клиентом на выполненный им запрос.

Задача повышения эффективности взаимодействия решается на разных этапах проектирования, разработки и эксплуатации системы. Примерами методов решения может быть разработка своего сетевого протокола [3] для повышения скорости общения, выполнение операции анализа кода программного обеспечения, профилирования, выявления узких мест [4], интеграция горизонтального масштабирования, сервисов балансировки [5] и менеджеров очередей [6] и другие решения.

Постановка задачи

В данной работе рассматривается и оценивается эффективность взаимодействия на уровне тела передаваемых данных в ходе сетевого взаимодействия. Предметом анализа будет строковое представление передаваемых данных, а также программные средства, позволяющие преобразовать произвольно структурированную информацию в строку (сериализаторы) и обратно (десериализаторы). При этом в качестве формата представления данных используются общепринятые форматы (JSON, XML, YAML, TOML), а программное обеспечение для сериализации и десериализации — наиболее популярные библиотеки для каждого из языков.

Стоит отметить, что, ввиду рассмотрения общей задачи, в качестве передаваемых данных рассмотрены объекты произвольной структуры. Это означает, что система заранее не имеет схему данных (к примеру: вида XSD схемы для XML документов [7]). Данное условие особен-

но критично для десериализации, так как система определяет структуру получаемых данных прямо по ходу выполнения операции.

В рамках анализа предполагается оценить следующие величины:

1. Время, затраченное на преобразование структуры языка в строку (время сериализации). [с/байт]
2. Время, затраченное на преобразование строки в структуру языка (время десериализации). [с/байт]
3. Коэффициент увеличения сообщения. Является отношением суммарного количества информации, затрачиваемой на хранение структуры языка в памяти, и суммарной длины информации, затрачиваемой на хранение сериализованной строки в памяти. [безразмерная]

Ввиду того, что операции сериализации и десериализации выполняются методами конкретных библиотек языка, скорости выполнения данных операций напрямую зависят от внутренней его архитектуры. С целью минимизировать влияние характеристик конкретного языка на анализ, были рассмотрены несколько языков программирования, в частности Python и JavaScript.

Описание форматов представления

Рассматриваемые форматы являются наиболее популярными и широко используемыми в разных сферах IT, таких как сетевое взаимодействие, конфигурационные файлы, CI/CD, описание развертывания систем, интерфейсов и многое другое. Ниже приведено описание форматов текстового представления информации.

JSON

JSON (JavaScript Object Notation) — формат, реализующий неструктурированное текстовое представление структурированных данных, основанное на принципе пар ключ-значение и упорядоченных списках. Хотя JSON начал свое распространение с JavaScript, он поддерживается в большинстве языков, либо изначально, либо с помощью специальных библиотек. Обычно Json используется для обмена информацией между веб-клиентами и веб-сервером. Формат JSON был разработан Дугласом Крокфордом в 1999 году [8].

XML

XML (eXtensible Markup Language) — это расширяемый язык разметки. Рекомендован Консорциумом Всемирной паутины (W3C) в 1998 году [9]. Спецификация XML описывает XML-документы и частично описывает поведение XML-процессоров (программ, читающих XML-документы и обеспечивающих доступ к их содержимому). XML разрабатывался как язык с простым формальным синтаксисом, удобный для создания и обработки документов как программами, так и человеком, с акцентом на использование в Интернете. Язык называется расширяемым, поскольку он не фиксирует разметку, используемую в документах: разработчик волен создать разметку в соответствии с потребностями к конкретной области, будучи ограниченным лишь синтаксическими правилами языка.

YAML

YAML («Yet Another Markup Language») — «дружественный» формат сериализации данных, концептуально близкий к языкам разметки, но ориентированный на удобство ввода-вывода типичных структур данных многих языков программирования [10]. Первая версия формата опубликована в 2001 году.

Язык похож на XML и JSON, но использует более минималистичный синтаксис при сохранении аналогичных возможностей. YAML обычно применяют для создания конфигурационных файлов в программах типа «Инфраструктура как код» (Iac), или для управления контейнерами в работе DevOps.

Таблица 1.

Примеры форматов данных

Исходная структура	Пользователь Поля: Фамилия: Петров Имя: Иван Отчество: Иванович Возраст: 25
JSON	{“Фамилия”:“Петров”,“Имя”:“Иван”,“Отчество”:“Иванович”,“Возраст”:25}
YAML	Фамилия: Петров Имя: Иван Отчество: Иванович Возраст: 25
XML	<root><Фамилия>Петров</Фамилия><Имя>Иван</Имя><Отчество>Иванович</Отчество><Возраст>25</Возраст></root>
TOML	[root] Фамилия = “Петров” Имя = “Иван” Отчество = “Иванович” Возраст = +25

TOML

TOML — формат конфигурационных файлов, спроектированный для обеспечения человекочитаемости, с одной стороны, и однозначного преобразования в ассоциативный массив, с другой. Спецификация языка открыта и дополняется сообществом. Название «TOML» является акронимом «Tom’s Obvious, Minimal Language» (Очевидный язык Тома) [11], имея в виду своего создателя, Tom Preston-Werner.

Для наглядности в качестве примеров рассмотрим простую структуру (пользователь) и ее представление в разных форматах (табл. 1).

Критические моменты преобразования форматов

Ввиду произвольности структуры сериализуемой информации существуют ряд критических моментов, которые влияют на метрики. Таковыми являются:

1. *Вложенность структуры*. Рассматриваемые форматы по-разному оформляют в текстовом представлении вложенность одной структуры в другую. При этом для описания вложенности разные форматы используют разное количество дополнительных символов. Стоит также отметить, что некоторые форматы добавляют дополнительные символы для каждого поля вложенной структуры (например: YAML).
2. *Длина ключей и значений*. Для примера рассмотрим структуру, состоящую из одного строкового поля, длина которого стремится к бесконечности.

Таблица 2.

Статистические параметры операции сериализации

ЯП	Тип формата	Среднее (сек)	СКО (сек)	Асимметрия	Эксцесс	Медиана (сек)
python	json	$4{,}46*10^{-8}$	$2{,}48*10^{-8}$	0,2662761	0	$4{,}36*10^{-8}$
python	yaml	$5{,}27*10^{-6}$	$2{,}28*10^{-8}$	–1,1427154	–0,3175087	$5{,}81*10^{-6}$
python	toml	$3{,}54*10^{-7}$	$1{,}82*10^{-7}$	–1,0265058	0	$3{,}67*10^{-7}$
python	xml	$7{,}48*10^{-6}$	$3{,}67*10^{-6}$	–1,1754568	–0,4155718	$8{,}51*10^{-6}$
javascript	json	$1{,}77*10^{-8}$	$1{,}09*10^{-8}$	1,3019915	0	$1{,}58*10^{-8}$
javascript	yaml	$1{,}35*10^{-7}$	$6{,}03*10^{-8}$	–0,9120042	0	$1{,}38*10^{-7}$
javascript	toml	$1{,}54*10^{-7}$	$8{,}37*10^{-8}$	–0,2923781	0	$1{,}56*10^{-7}$
javascript	xml	$2{,}41*10^{-7}$	$1{,}34*10^{-7}$	1,9222012	0	$2{,}05*10^{-7}$

Таблица 3.

Статистические параметры операции десериализации

ЯП	Тип формата	Среднее (сек)	СКО (сек)	Асимметрия	Эксцесс	Медиана (сек)
python	json	$3{,}40*10^{-8}$	$1{,}88*10^{-8}$	–0,04564203	0	$3{,}25*10^{-8}$
python	yaml	$1{,}07*10^{-5}$	$5{,}29*10^{-6}$	–0,98539081	–0,086417	$1{,}16*10^{-5}$
python	toml	$1{,}78*10^{-6}$	$1{,}13*10^{-6}$	1,37085632	1,294440	$1{,}56*10^{-6}$
python	xml	$6{,}24*10^{-7}$	$3{,}12*10^{-7}$	–0,84338833	0	6,71*
javascript	json	$2{,}00*10^{-8}$	$1{,}20*10^{-8}$	0,45666336	0	$1{,}87*10^{-8}$
javascript	yaml	$1{,}27*10^{-7}$	$6{,}29*10^{-8}$	–0,70030589	0	$1{,}42*10^{-7}$
javascript	toml	$3{,}01*10^{-7}$	$1{,}93*10^{-7}$	0,26328552	0	$2{,}87*10^{-7}$
javascript	xml	$3{,}46*10^{-7}$	$1{,}73*10^{-7}$	–0,50608841	0	$3{,}64*10^{-7}$

Таблица 4.

Статистические параметры операции коэффициента увеличения

ЯП	Тип формата	Среднее (сек)	СКО (сек)	Асимметрия	Эксцесс	Медиана (сек)
python	json	1,883	0,491	0,113	0,431	1,898
python	yaml	2,518	1,761	3,220	1,951	1,849
python	toml	3,327	2,928	3,365	2,021	2,132
python	xml	2,248	0,680	0,331	0,467	2,305
javascript	json	1,676	0,406	1,222	0,862	1,657
javascript	yaml	2,714	1,992	2,983	1,927	1,926
javascript	toml	4,502	4,881	3,674	2,101	2,389
javascript	xml	2,264	0,704	0,822	0,622	2,310

В таком случае коэффициент увеличения будет стремиться к 1 ввиду того, что накладные расходы на описание структуры полей перестанут играть важную роль в строковом представлении.

3. *Поля структуры типа «массив»*. Рассматриваемые форматы по-разному оформляют подобные конструкции в текстовом представлении. Это может создать больше накладных расходов для конкретного формата.
4. *Поля структуры типа «число с плавающей точкой»*. Подобные данные при переводе в строку могут иметь непредсказуемые последствия с точки зрения занимаемой памяти. К примеру: имеем число 1.1 (в памяти 4 байта, как переменная типа double). При переводе в строку имеем "1.1" (3 символа), что (ввиду известного набора используемых символов) соответствует 3 байтам в кодировке UTF-8 (необходимая память уменьшилась). Рассмотрим другой пример: имеем число 1.2345678912345 (в памяти 4 байта, как переменная типа double). При переводе в строку имеем "1.2345678912345" (15 символов), что соответствует 15 байт в кодировке UTF-8 (необходимая для хранения память увеличилась более, чем в 3 раза).

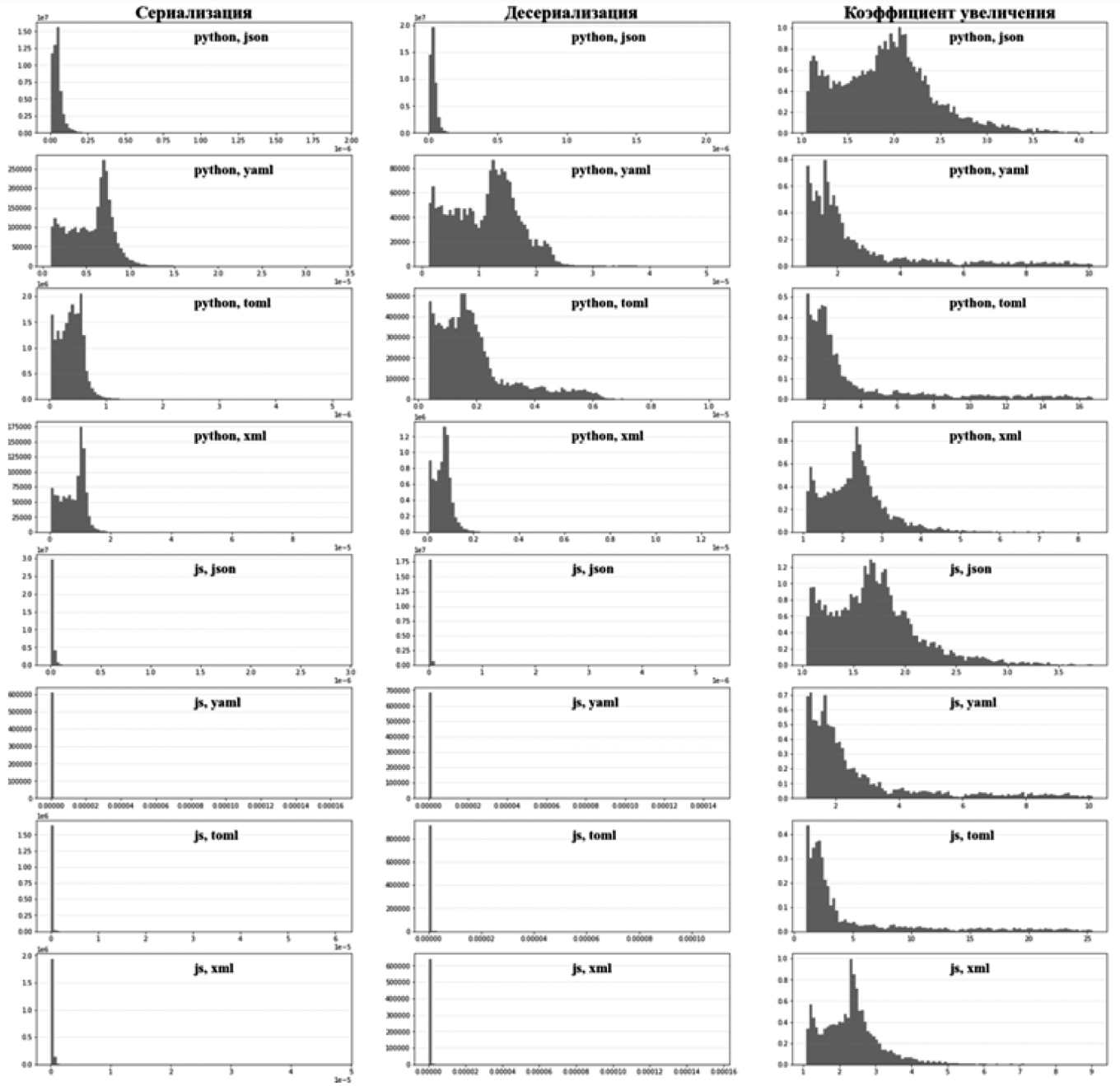


Рис. 1. Распределения сериализации, десериализации и коэффициента увеличения в зависимости от языка

Анализ эргономичности взаимодействия компонентов клиент-серверной архитектуры

Эргономичность в упомянутом контексте не является синонимом эффективности взаимодействия, представляется более обобщенным критерием и позволяет сделать обоснованный вывод о приоритетном выборе форматов. В качестве начального набора структур был сгенерирован набор из 8400 структур. Каждая структура была объектом эксперимента 10 раз, в результате был получен набор замеров для анализа. Данная операция была проведена для двух языков программирования: Python и JavaScript. В табл. 2–4 приведены первичные статистические характеристики сериализации.

Языки программирования Python и JavaScript были выбраны ввиду того, что оба языка являются интерпретируемыми и поддерживают динамическую типизацию. Данный факт значительно упрощает процедуру десериализации.

Следует заметить, что значения медиан сильно отличаются от значений оценки математического ожидания (МО) (среднего значения). Это может свидетельствовать

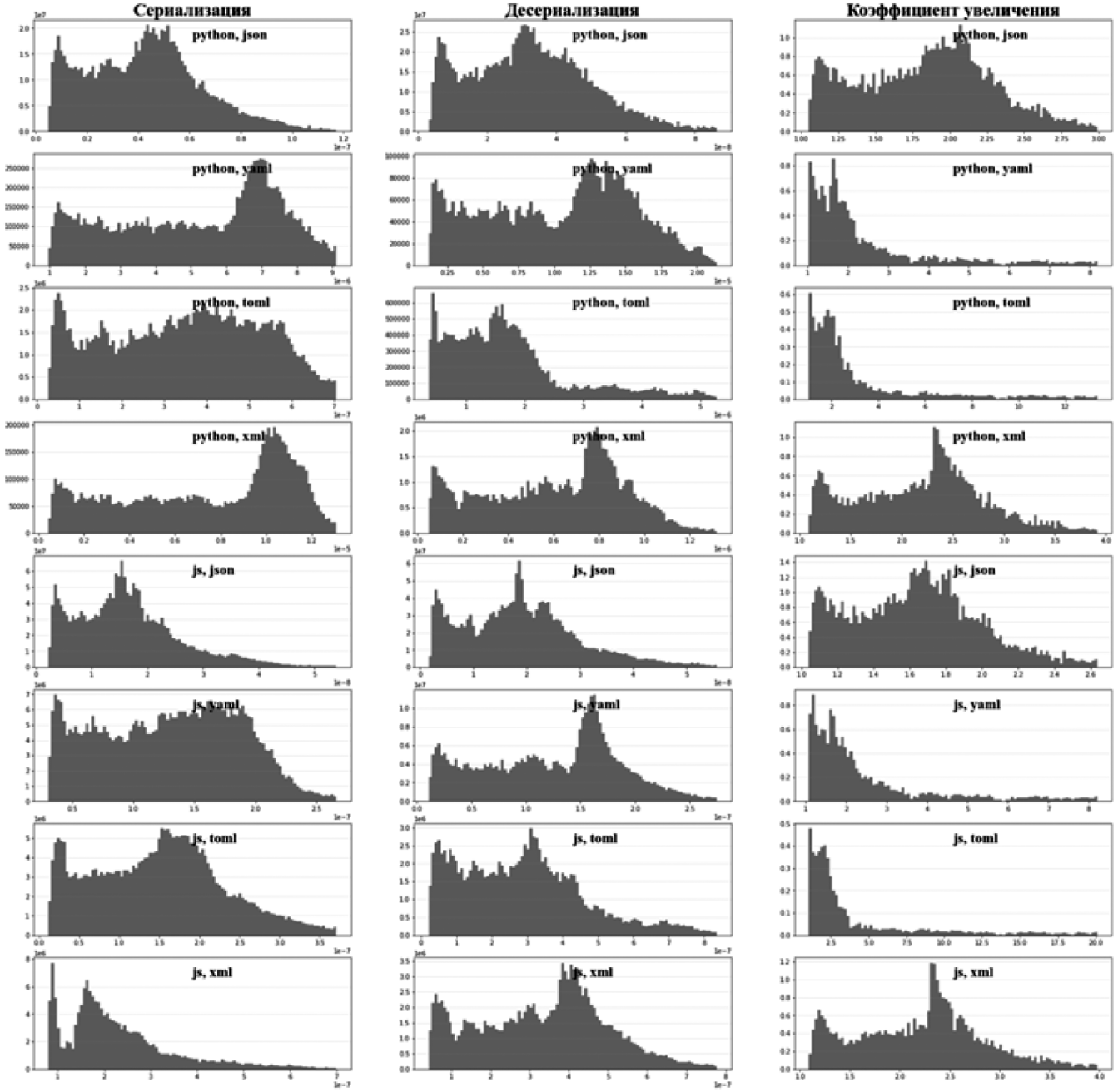


Рис. 2. Распределения сериализации, десериализации и коэффициента увеличения в зависимости от языка после эмпирической очистки

о смещении оценки МО (наличии в данных выбросов). На рисунке 1 видна общая тенденция данных.

Из рис. 1 видно, что у метрик наблюдается большой «хвост». От данных выбросов следует избавиться для продолжения анализа. Для этого проведем эмпирическую очистку путем отсечения данных после 96 перцентиля (данный перцентиль выбран эмпирически) по каждой метрике. На рис. 2 получим соответствующий результат.

Данная операция позволяет наблюдать основные формы распределений. Оценим результат очистки путем сравнения характеристик на примере времени сериализации языка JavaScript, формата JSON. В табл. 5 приведены статистические характеристики предварительно очищенных данных.

Заметим уменьшение наличия в данных выбросов (сближение медианы и среднего), уменьшение разброса данных (уменьшение СКО), а также выпрямление Гауссовой кривой (уменьшение асимметрии). Тем не менее, данная операция привела лишь к незначительному улучшению, ввиду своей простоты. Для более точной очистки набора от выбросов, а также исключения человеческого фактора, был использован алгоритм экспоненциально взвешенного оценивания (далее ЭВО). Данный метод основывается на взвешивании Хьюбера экспоненциальных измерений, что позволяет создать механизм исключения аномалий из анализа. Результаты анализа приведены в табл. 6.

Полученные в результате ЭВО оценки можем считать устойчивыми к выбросам.

Для комплексной оценки результатов ЭВО был разработан интегральный критерий — время, за которое по каналу связи с пропускной способностью V_{ks} байт/с будет передан 1 байт полезной информации.

Пусть T_s — случайная величина, характеризующая скорость сериализации группы замеров (определенного языка и формата сообщений), T_d — случайная величина, характеризующая скорость десериализации, K — случайная величина, характеризующая увеличение сообщения группы замеров. В таком случае объем информации, передаваемый по каналу связи равен $a \times K$, где a — объем передаваемой полезной информации. В таком случае имеем формулу оценки интегрального критерия:

$$T = a * \left(T_s + \frac{K}{V_{ks}} + T_d * K \right), \quad (1)$$

где: V_{ks} — скорость передачи данных по каналу связи (КС) (байт/с),

a — количество передаваемой полезной информации (байт),

T_s — время, затраченное на сереализацию 1 байта информации (с/байт),

T_d — время, затраченное на десереализацию 1 байта информации (с/байт),

K — увеличение сообщения.

Таблица 5.

Сравнение статистических показателей до и после очистки

Тип	Среднее	СКО	Асимметрия	Эксцесс	Медиана
После очистки	$1{,}73*10^{-8}$	$1{,}02*10^{-8}$	0,77399	0	$1{,}57*10^{-8}$
До очистки	$1{,}77*10^{-8}$	$1{,}09*10^{-8}$	1,30199	0	$1{,}58*10^{-8}$

Таблица 6.

Результаты ЭВО

		Сериализация, с/байт		Десериализация, с/байт		Увеличение сообщения	
ЯП	Тип	Среднее	СКО	Среднее	СКО	Среднее	СКО
python	json	$4{,}14*10^{-8}$	$1{,}73*10^{-8}$	$3{,}12*10^{-8}$	$1{,}35*10^{-8}$	1,898979121	0,346021275
python	yaml	$6{,}99*10^{-6}$	$5{,}28*10^{-7}$	$1{,}18*10^{-5}$	$4{,}52*10^{-6}$	1,571260914	0,337084183
python	toml	$3{,}74*10^{-7}$	$1{,}66*10^{-7}$	$1{,}39*10^{-6}$	$5{,}59*10^{-7}$	1,764754711	0,442542795
python	xml	$1{,}05*10^{-5}$	$8{,}04*10^{-7}$	$7{,}62*10^{-7}$	$1{,}65*10^{-7}$	2,370007034	0,294617121
javascript	json	$1{,}46*10^{-8}$	$5{,}71*10^{-9}$	$1{,}77*10^{-8}$	$7{,}47*10^{-9}$	1,633367029	0,263202166
javascript	yaml	$1{,}38*10^{-7}$	$5{,}51*10^{-8}$	$1{,}62*10^{-7}$	$9{,}48*10^{-9}$	1,580975685	0,330321323
javascript	toml	$1{,}53*10^{-7}$	$6{,}36*10^{-8}$	$2{,}54*10^{-7}$	$1{,}34*10^{-7}$	1,878057338	0,513501418
javascript	xml	$1{,}81*10^{-7}$	$5{,}24*10^{-8}$	$3{,}68*10^{-7}$	$1{,}20*10^{-7}$	2,375869799	0,255453062

Таблица 7.

Интегральный критерий в зависимости от пропускной способности КС

		Пропускная способность КС							
		1b/c		1Kb/c		1Mb/c		1Gb/c	
ЯП	Тип	Среднее	СКО	Среднее	СКО	Среднее	СКО	Среднее	СКО
python	json	1,898	0,1197	0,0018	$1{,}20*10^{-7}$	$2{,}01*10^{-6}$	$1{,}59*10^{-13}$	$1{,}17*10^{-7}$	$3{,}64*10^{-15}$
python	yaml	1,571	0,1136	0,0015	$1{,}21*10^{-7}$	$2{,}08*10^{-5}$	$1{,}68*10^{-10}$	$1{,}93*10^{-5}$	$1{,}60*10^{-10}$
python	toml	1,764	0,1958	0,0017	$1{,}97*10^{-7}$	$4{,}31*10^{-6}$	$4{,}10*10^{-12}$	$2{,}55*10^{-6}$	$2{,}60*10^{-12}$
python	xml	2,370	0,0867	0,0023	$8{,}81*10^{-8}$	$1{,}32*10^{-5}$	$1{,}14*10^{-11}$	$1{,}09*10^{-5}$	$9{,}95*10^{-12}$
javascript	json	1,633	0,0692	0,0016	$6{,}93*10^{-8}$	$1{,}68*10^{-6}$	$8{,}22*10^{-14}$	$5{,}21*10^{-8}$	$9{,}48*10^{-16}$
javascript	yaml	1,580	0,1091	0,0015	$1{,}09*10^{-8}$	$1{,}88*10^{-6}$	$2{,}57*10^{-13}$	$2{,}98*10^{-7}$	$4{,}12*10^{-14}$
Javascript	toml	1,878	0,2636	0,0018	$2{,}64*10^{-7}$	$2{,}46*10^{-6}$	$8{,}37*10^{-13}$	$5{,}83*10^{-7}$	$2{,}07*10^{-13}$
Javascript	xml	2,375	0,0651	0,0023	$6{,}53*10^{-8}$	$3{,}57*10^{-6}$	$3{,}68*10^{-13}$	$1{,}19*10^{-6}$	$1{,}51*10^{-13}$

Изменение a приведет к пропорциональному увеличению интегрального критерия. Положим $a = 1$. Рассмотрим интегральный критерий в зависимости от пропускной способности канала передачи данных. В табл. 7 приведены результаты.

Анализ полученных результатов

На рисунке 3 и 4 приведена визуализация результатов ЭВО в части коэффициента увеличения сообщения. Для удобства вертикальными пунктирами отмечены математические ожидания соответствующих распределений.

Заметим, что величины несколько отличаются ввиду разных параметров формирования строкового представления в каждой конкретной библиотеке языка. При этом можно заметить общие тенденции для обоих языков:

1. YAML является наиболее предпочтительным форматом для хранения информации в силу наименьшего МО коэффициента увеличения сообщения.
2. XML является наименее предпочтительным выбором для хранения информации в силу наибольшего МО коэффициента увеличения сообщения.

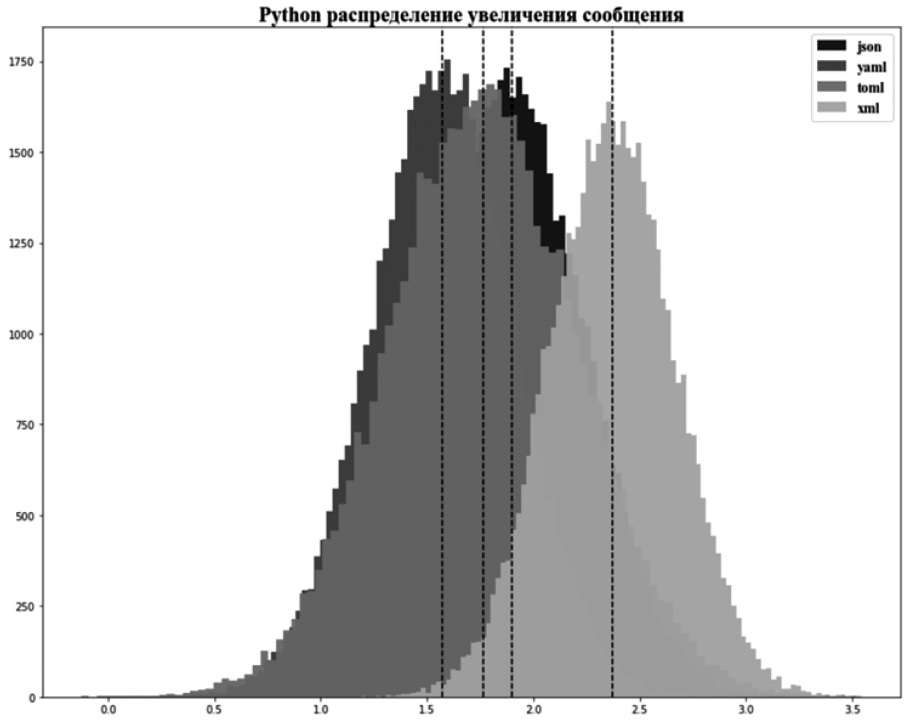


Рис. 3. Распределения увеличений сообщения в зависимости от формата (Python)

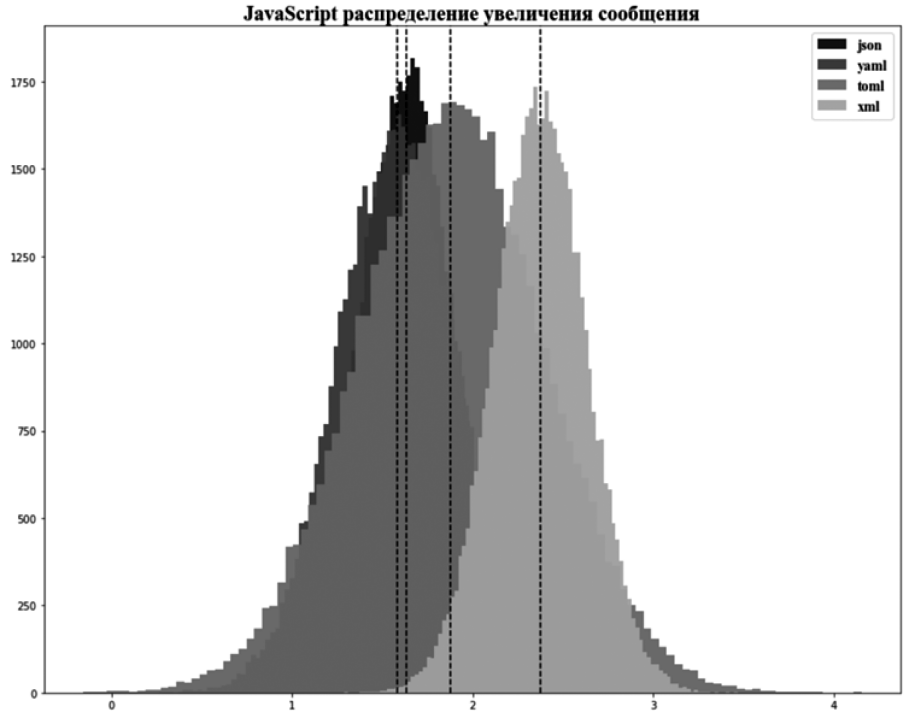


Рис. 4. Распределения увеличений сообщения в зависимости от формата (JavaScript)

Рассмотрим результаты оценки интегрального критерия. Ввиду небольшой выборки точек в таблице 7. Рассмотрим диаграмму зависимости математического ожидания интегрального критерия от пропускной способности канала связи (байт/с). Для удобства восприятия диаграммы приведены в логарифмическом масштабе (рис. 5).

Нетрудно заметить, что для пропускной способности величиной примерно до 10^4 байт/с наиболее предпочтительным является вариант формата YAML. При значениях пропускной способности выше наиболее предпочтительным вариантом становится JSON. Очевидно, данное явление получается ввиду уменьшения влияния в сумме интегрального критерия времени передачи данных через канал и, как следствие, уменьшение влияния коэффициента увеличения сообщения на итоговый результат.

Обратим внимание, что для языка JavaScript на всех этапах наименее предпочтительным форматом передачи данных является XML. Также на данной диаграмме следует обратить внимание на первое серьезное отличие показателей разных языков, а именно тот факт, что наименее предпочтительным форматом передачи данных для Python при высокой пропускной способности является YAML. Данный факт можно объяснить только архитектурой языка, так как реализация библиотеки на JavaScript подобных результатов не дает.

Заключение

Анализ показывает обоснованность современной методологии REST [12] в использовании JSON в качестве основного формата передачи данных в рамках сетевого взаимодействия. При высокой пропускной способности канала связи наиболее эффективным форматом является JSON, причем JSON эффективнее остальных форматов как минимум на порядок, что является существенным преимуществом.

Наиболее эффективным форматом для хранения данных является YAML. Это объяснимо его простым синтаксисом, отсутствием лишних символов для описания полей (таких как, например: кавычки), простого описания вложенности. Тем не менее YAML оказался наименее эффективным форматом для передачи данных для языка Python.

Наименее эффективным форматом для хранения информации является XML. Это является ожидаемым результатом, ввиду неэффективной архитектуры текстового представления данных. Как минимум, следует обратить внимание на дублирование наименований ключей. Данный формат также уступает JSON в эффективности при передаче. Тем не менее XML является основным форматом передачи данных в методологии SOAP [13], что свидетельствует о его конкурентоспособности.

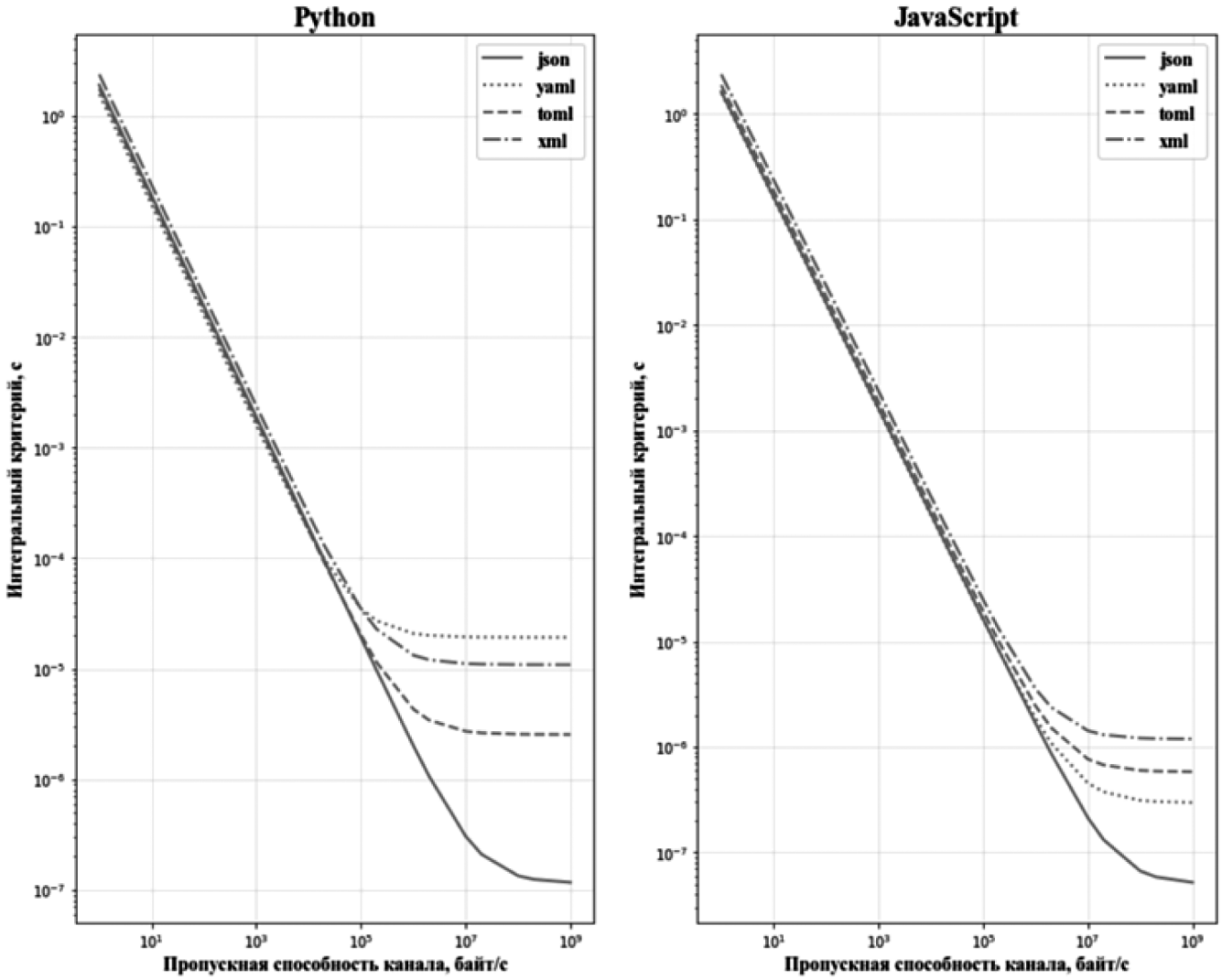


Рис. 5. Диаграмма зависимости интегрального критерия от пропускной способности канала

ЛИТЕРАТУРА

1. Сухобоков, А.А. Влияние инструментария Big Data на развитие научных дисциплин, связанных с моделированием / А.А. Сухобоков, Д.С. Лахвич // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. — 2015. — № 3. — С. 207–240. — DOI 10.7463/0315.0761354.
2. Создание социальной сети на языке Golang / А.Н. Аксенов, Р.Г. Байбарин, А.Р. Васильев, Н.В. Тюлькина // Естественные и технические науки. — 2020. — № 5(143). — С. 88–94.
3. Пишем свой протокол поверх UDP (официальный блок компании VK Group) [Электронный ресурс] // vk.com URL: https://vk.com/@scienceandlive-pishem-svoi-protokol-poverh-udp
4. Профилирование и оптимизация программ на Go (официальный блог компании Badoo) [Электронный ресурс] // habr.com URL: https://habr.com/ru/company/badoo/blog/301990/
5. Документация Nginx [Электронный ресурс] // nginx.org URL: https://nginx.org/ru/docs/ (дата обращения 20.09.2019)
6. Centrifugo — 3.5 миллионов оборотов в минуту [Электронный ресурс] // habr.com URL: https://habr.com/ru/post/326236/
7. Виноградов, В.И. Постреляционные модели данных и языки запросов / В.И. Виноградов, М.В. Виноградова. — Москва: Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2017. — 100 с. — ISBN 978-5-7038-4283-6.
8. Введение в JSON [Электронный ресурс] // json.org URL: https://www.json.org/json-ru.html
9. XML для начинающих [Электронный ресурс] // support.microsoft.com URL: https://support.microsoft.com/ru-ru/office/xml-для-начинающих-a87d234d-4c2e-4409-9cbc-45e4eb857d44
10. Формат YAML [Электронный ресурс] // symphony.ru URL: https://symfony.ru/doc/current/components/yaml/yaml_format.html
11. Официальный портал TOML [Электронный ресурс] // toml.io URL: https://toml.io/en/
12. Архитектура REST [Электронный ресурс] // habr.com URL: https://habr.com/ru/post/38730/
13. SOAP [Электронный ресурс] // ibm.com URL: https://www.ibm.com/docs/ru/rsas/7.5.0?topic=standards-soap

© Горячкин Борис Сергеевич (bsgor@mail.ru); Байбарин Роман Григорьевич (rbaybarin@icloud.com).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.11

АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ В ПРОЦЕССАХ УПРАВЛЕНИЯ IT ИНФРАСТРУКТУРОЙ КОММЕРЧЕСКОГО БАНКА

Гуржий Алексей Александрович
аспирант, Белгородский государственный национальный исследовательский университет
aleksey.gurzhiy@yandex.ru

Аннотация: В статье рассматриваются основные универсальные модели управления проектами, такие как методология Захмана, TOGAF, Federal Enterprise Architecture и Gartner. Выполнен краткий обзор каждой из методологий. Кратко рассмотрен принцип метода анализа иерархий. Кроме того, выполнен анализ подходов к разработке моделей в управлении IT инфраструктурой коммерческого банка методом анализа иерархий.

Ключевые слова: модель управления проектами, IT-инфраструктура, коммерческий банк, методология Захмана, матрица Захмана, TOGAF Framework, архитектура федеральной организации, методология Gartner, The Meta Framework, Метод анализа иерархий.

ANALYSIS OF PATTERNS AND FUNCTIONAL RELATIONSHIPS IN THE MANAGEMENT PROCESSES OF THE INFORMATION TECHNOLOGY INFRASTRUCTURE OF A COMMERCIAL BANK

A. Gurzhiy

Summary. The article discusses the main universal project management models, such as the Zahman methodology, TOGAF, Federal Enterprise Architecture and Gartner. A brief overview of each of the methodologies is performed. The principle of the hierarchy analysis method is briefly considered. In addition, the analysis of approaches to the development of models in the management of the IT infrastructure of a commercial bank by the method of hierarchy analysis was carried out.

Keywords: project management model, IT infrastructure, commercial bank, Zahman Methodology, Zahman Matrix, TOGAF Framework, Federal Organization Architecture, Gartner Methodology, The Meta Framework, Hierarchy Analysis Method.

Введение

В российской банковской сфере все большую значимость приобретают современные информационные технологии. На сегодняшний день достаточно важно не только обеспечить безопасную и современную инфраструктуру, включая сети и центры обработки данных, но и начать создавать на ее основе то, что в мировой практике называют «цифровой экономикой». Это позволит государству и его жителям получать новые источники доходов. Банковская система России находится в лидирующей позиции по решению данной задачи [3].

Для эффективной разработки и внедрения стратегии использования информационных технологий в банковской системе необходимо понимать взаимозависимость факторов влияния, как позитивных, так и негативных. Особенно важно выделить те факторы, которые играют основную роль на конкретном этапе развития банковской системы. Полноценное понимание сложности этой взаимосвязи является ключевым фактором для успешной разработки и внедрения эффективной стратегии развития информационных технологий.

Схожесть IT-инфраструктуры с организационной строительной инфраструктурой проявляется в том, что она состоит из физических компонентов, поддерживающих услуги и действия, необходимые для бизнес-функций. Включает в себя приложения, серверы, центры обработки данных и сетевую инфраструктуру, обеспечивающую доступ к приложениям и серверам. Термин «IT-инфраструктура» относится ко всем компонентам, которые поддерживают функции управления и доступа к данным, информации и другим услугам [1].

Управление IT-инфраструктурой касается надзора за ключевыми элементами IT-инфраструктуры организации, которые необходимы для предоставления бизнес-услуг. Сюда могут входить программные приложения и сетевые компоненты, но основное внимание при управлении IT-инфраструктурой обычно уделяется физическим компонентам, таким как компьютерное и сетевое оборудование, а также самому объекту [9].

Понимание управления IT-инфраструктурой зависит от знания конкретных компонентов IT-инфраструктуры и наиболее важных задач, связанных с управлением каждым компонентом. Управление IT-инфраструктурой как правило делится на три подкатегории управления: управление системами, управление сетью и управление хранилищем.

Управление системами охватывает широкий спектр ключевых действий в общем контексте управления IT-инфраструктурой, так как включает в себя администрирование всех IT-активов, обычно находящихся в центре обработки данных. Действия по управлению системами включают инициативы, ориентированные на безопасность, такие как обнаружение и предотвращение вторжений или управление информацией о безопасности и событиями. Управление журналами, автоматизация рабочих нагрузок, управление конфигурацией и интеграция облачных приложений и сервисов — все это относится к управлению системами [11].

Обзор основных универсальных моделей управления проектами

Около 90 % организаций в мире используют одну из четырех основных методологий, а именно Захмана для архитектур предприятий, в рамках архитектуры открытой группы (TOGAF), федеральная архитектура предприятия (FEA) и Gartner). Поскольку данные методологий имеют свои собственные компоненты и характеристики, организациям необходимо глубоко понимать компоненты и характеристики каждой из этих структур, чтобы выбрать методологию, которая будет соответствовать потребностям образовательной организации [13]. Мною рассматриваются данные четыре методологии управления IT-инфраструктурой применительно к коммерческим организациям. Данные методологии представляют собой рекомендации по организации и управлению IT-инфраструктурой и охватывают все аспекты деятельности IT-службы — от оперативной ежедневной работы с запросами пользователей до стратегического планирования и соответствия требованиям бизнеса.

Методология Захмана представляет собой структуру архитектуры предприятия, которая обеспечивает хорошо структурированный способ просмотра и определения предприятия. Методика создает контекст описания различных архитектурных представлений в соответствии с требованиями заказчика в виде нескольких различных аспектов. Впоследствии модель Захмана послужила основой для создания множества других моделей и методик, ориентированных на разработку архитектуры, как предприятий, так и информационных систем. Современный вид модели Захмана был представлен в 1992 году.

Эта структура состоит из двумерной матрицы классификации, основанной на шести коммуникационных вопросах (что, как, где, кто, когда, почему) с шестью строками, соответствующими преобразованию реификации [4].

Уровень данных (Что) описывает различные формы предоставления информации, необходимой для эффективного функционирования предприятия. Функции (Как), в свою очередь, определяют набор бизнес-процессов, которые обеспечивают работу предприятия. Место (Где) определяет географическое расположение объектов и организацию сети предприятия. Люди (Кто) определяют участников процесса и описывают распределение ответственности и функции работников. Время (Когда) описывает временные характеристики процессов, которые могут быть абсолютными или относительными и отражать взаимосвязь между ними. Определение направления развития бизнес-целей и стратегии связано смотивацией(Почему).Уровниабстракции,которымиописывается предприятие, соответствуют строкам в таблице.

Модель бизнеса описывает концептуальную структуру предприятия и ключевые и вспомогательные бизнес-процессы, и является уровнем, который предназначен для описания предприятия в терминах бизнеса. На этом уровне рассматривается архитектура с точки зрения менеджера или владельца процесса [12]. Технологическая модель описывает взгляд проектировщика на выбор технологий реализации и обеспечивает привязку архитектуры к программно-аппаратным средствам. Системная модель, в свою очередь, проецирует взгляд бизнеса на информационные системы и описывает логическую модель построения предприятия.

Определение набора работ и конкретных программно-аппаратных средств, обеспечивающих функционирование предприятия, является деталями реализации. Описывая реальную структуру предприятия, работающая организация позволяет связать текущее состояние с желаемым, вынося изменения. Этот уровень представляет собой текущую архитектуру предприятия, которая описывается набором документов [10].

Структура архитектуры открытой группы (TOGAF Framework), запущенная в 2009 году — это структура корпоративной архитектуры, которая помогает определять бизнес-цели и согласовывать их с задачами архитектуры, связанной с разработкой корпоративного программного обеспечения [14]. Основанный на фреймворке Министерства обороны США TAFIM подход описывает архитектуру предприятия в разрезе доменов: бизнес, данные, приложения и технологии.

Корпоративная стратегия, структура управления и ключевые бизнес-процессы относятся к домену бизнеса. Домен данных включает логическую и физическую структуру информации организации, включая ресурсы для их управления. Домен приложений описывает список всех используемых корпоративных информационных систем и программных приложений. Для работы бизнес-приложений и доступа к данным необходимы технологии — структура и логика программного обеспечения и аппаратной среды.

Методология TOGAF позволяет создать систематический подход к рационализации процесса разработки,

чтобы его можно было воспроизвести с минимальным количеством ошибок или проблем, поскольку каждый этап разработки переходят из рук в руки. Создавая общий язык, устраняющий пробелы между IT и бизнесом, он помогает внести ясность для всех участников. Это обширный документ, но нет необходимости принимать все части TOGAF. Организациям предлагается оценить свои потребности, чтобы определить, на каких частях структуры следует обратить особое внимание.

Кроме того, правительственными организациями может использоваться методология и практика по управлению информатизацией органов государственной власти и государственных предприятий — Архитектура федеральной организации (Federal Enterprise Architecture, FEA)). Эта методология может использоваться не только в государственном секторе экономики.

В «Практическом руководстве по FEA» [7] описывается процесс создания архитектуры сегмента для подмножества общей архитектуры предприятия, где предприятием является федеральное правительство, а подмножеством — правительственное агентство. В целом, исходя из зависимости измеряемой переменной от времени, анализ с помощью FEA можно разделить на статический анализ и динамический анализ. Статические условия — это условия, при которых величина нагрузки не меняется со временем. В то время как динамические условия — это условия, при которых нагрузка изменяется со временем [5].

Методология Gartner, известная ранее как The Meta Framework, является подходом к архитектуре предприятия, который помогает объединить информационные технологии с бизнес-стратегией. Аналитики Gartner выделяют три основных слоя, критичных для архитектуры предприятия: бизнес-архитектура, информационная архитектура и техническая архитектура. Бизнес-архитектура описывает бизнес-процессы и организационную структуру предприятия, а информационная архитектура моделирует информационные потоки внутри предприятия. Техническая архитектура — описывает технические решения, на физическом уровне, а также алгоритмы эксплуатации.

Архитектура приложений является неотъемлемой частью трех главных направлений развития предприятия: бизнеса, информации и техники. Она строится с учетом требований и возможностей каждого из этих направлений.

Анализ подходов к разработке моделей в управлении IT инфраструктурой коммерческого банка методом анализа иерархий

Метод анализа иерархий — это структурированный метод, основанный на математике и психологии, который предназначен для анализа сложных решений. Он был разработан Томасом Л. Саати в 1970-х годах. В 1983 году Саати, вместе с Эрнестом Форманом, разработал программное обеспечение Expert Choice, которое с тех пор было тщательно изучено и доработано. Метод используется для точной количественной оценки весов критериев принятия решений. Оценка относительной важности факторов осуществляется на основе индивидуального опыта экспертов, которые проводят парные сравнения. С помощью специально разработанной анкеты каждый из респондентов сравнивает относительную важность каждой пары пунктов [2].

Метод анализа иерархий используется в различных областях, таких как государственное управление, бизнес, промышленность, здравоохранение и образование, и нашел конкретное применение в групповом принятии решений по всему миру. Этот метод не ищет «правильного» решения, но помогает лицам, принимающим решения, найти лучшее среди них, которое соответствует целям и пониманию проблемы. Метод обеспечивает всестороннюю и рациональную основу для структурирования проблемы решения, количественной оценки ее элементов, соотнесения этих элементов с общими целями и оценки альтернативных решений.

Анализ с использованием четырех альтернатив (методология Захмана, TOGAF, FEA, Gartner) и двенадцатью критериев (практическое руководство, нейтральность по отношению к поставщикам услуг, руководство по эталонным моделям, руководство по разбиению, модель готовности, полнота таксономии, наличие каталога, доступность информации, полнота процесса, время окупаемости инвестиций, руководство по управлению, ориентированность на бизнес) производится с помощью серии парных сравнений. Критерии попарно сравниваются с целью по важности. Альтернативы попарно сравниваются по каждому критерию предпочтения. Сравнения обрабатываются математически, и приоритеты определяются для каждого узла.

Сначала были установлены приоритеты и проведено попарное сравнение каждого критерия по важности, с составлением матрицы, используя девятибалльную шкалу. Эта матрица является обратно симметричной. Оценки производятся на шкале интенсивности от 1 до 9, где 1 означает равную важность, а 9 — очень сильное превосходство. Оставшиеся оценки находятся в промежуточных значениях. Система парных сведений приводит к результату, который может быть представлен в виде этой матрицы.

Сравнение решений по критерию «Практическое руководство» выявляет приоритет Методологии Garther и составляет 0,515. Индекс согласованности составляет 0,008<0,1, следовательно, полученная матрица согласована.

Попарно сравнив решения по всем критериям, были получены результирующие значения каждой рассматриваемой методологии. В результате методом анализа иерархий были получены результирующие значения каждой рассматриваемой методологии:

— методология Захмана = 0,16;
— методология TOGAF=0,327;
— методология FEA = 0,266;
— методология Gartner = 0,203.

В результате вычисления приоритетов альтернативных решений относительно главной цели лучшей альтернативой с максимальным значением приоритета является методология TOGAF.

Заключение

На основании математического метода анализа иерархий с небольшим преимуществом лидирует методология TOGAF.

Структура TOGAF — это методология корпоративной архитектуры, которая позволяет проводить комплексный подход в процессах проектирования, планирования, внедрения и управления информационной архитектурой компании [15]. Методология TOGAF быстро развивается и является широко принятой структурой и методом разработки корпоративной архитектуры. Версия 9 TOGAF Framework была выпущена в 2009 году и с тех пор стала де-факто глобальным стандартом для архитектуры предприятия, принятым более чем 80 % ведущих мировых компаний. Ежегодно тысячи людей, команд и организаций проходят обучение по сертификации TOGAF.

ADM (разработка методов архитектуры) является основой TOGAF. Он был создан благодаря многолетнему опыту и вкладу большого количества практиков в области архитектуры. ADM описывает метод развития компании и составляет основу TOGAF.

Это гибкий и открытый исходный код. Систематический акцент на цикле реализации (ADM) и процессах богатая архитектурно-техническими областями база ресурсов предоставляет множество справочных материалов поскольку в ней участвуют многие стороны, особенно промышленность, TOGAF предоставляет множество передовых практик или реальных событий в реальный мир [8].

Однако, в связи с наличием у методологии TOGAF ряда недостатков, ее практическое применение для организации эффективной системы управления IT-инфраструктурой коммерческого банка требует некоторой доработки и модернизации [6]. Методология TOGAF не имеет механизмов оценки качества построения архитектуры, а также не позволяет определить, необходимость совершенствования уже существующей архитектуры, что является довольно актуальной особенностью при выборе пути совершенствования IT-инфраструктуры коммерческого банка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асадуллаев Р.Г., Ломакин В.В., Интегрированная модель поддержки жизненного цикла проектов автоматизированных систем. // Научные ведомости белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2018. №2 — С. 322–332.
2. Ахметов О.А., Мжельский М.Б. Метод анализа иерархий как составная часть методологии проведения оценки недвижимости // Актуальные вопросы оценочной деятельности. Новосибирск: ООО «Сибирский Центр Оценки», 2001 [Электронный ресурс]. URL: http://www.ocenchik.ru/docse/2129-metod-analiza-ierarhiy-mai-ocenki-nedvizhimosti.html.
3. Бодрунов С.Д., Демиденко Д.С., Плотников В.А. Реиндустриализация и становление «цифровой экономики»: гармонизация тенденций через процесс инновационного развития // Управленческое консультирование. 2018. № 2 (110). С. 43–54.
4. Боровков А.В., Вертакова Ю.В. Методика выбора стратегии управления корпоративными информационными ресурсами промышленного предприятия // Управление социально-экономическим развитием регионов: проблемы пути и их решения. Сборник научных статей 8-ой Международной научно-практической конференции. Курск, 2018. С. 413–417.
5. Ильинская Е.В., Ломакин В.В., Асадуллаев Р.Г., Зайцева Т.В., Методика оценки рисков при разработке автоматизированных информационных систем корпоративного уровня. // Научно-технический вестник поволжья. 2018. № 11 — С. 218–223.
6. Ильинская Е.В., Ломакин В.В., Зайцева Т.В., Пусная О.П., Разработка методики оценки эффективности применения средств популяризации результатов IT-проекта. // Фундаментальные исследования, 2020, № 1, 20–23.
7. Йылмаз О.А. Архитектура предприятия // [Электронный ресурс] https://studfile.net/preview/2874020/page:6/
8. Киселев И.С. Модели и алгоритмы анализа различных типов экспертных предпочтений на основе матриц парных сравнений. // Дис. канд.тех.наук. ... 05.13.18 / Киселев Игорь Сергеевич, Санкт-Петербург 2011.
9. Константинов Г.Н. Стратегический менеджмент. Концепции. // М.: Бизнес Элайнмент, 2013. — 252 с.
10. Криволапов В.Г. Комплексная методика моделирования рисков информационной безопасности открытых систем. Дис. канд.тех.наук. 05.03.19. / Криволапов Вячеслав Григорьевич, Москва. 2009.
11. Ломазов В.А, Ломазова В.И., Ломакин В.В., Асадуллаев Р.Г., Процедура оценки защищенности интегрированной платформы разработки корпоративных приложений. // Современная наука и инновации. 2019. №3(27) — С. 145–148.

12. Носов Н.В. «Кубик Рубика» ИТ-архитектуры // [Электронный ресурс] https://www.iksmedia.ru/articles/5614503-Kubik-Rubika-ITarxitektury.html.
13. Павлова О. Рынок ПО управления IT-инфраструктурой. Итоги и перспективы // PC Week/RE №48 (606), 2007.
14. Халин В.Г., Черновалова М.В., Шманев С.В. Алгоритмическое и информационное обеспечение управления инновационными проектами в условиях неопределенности // Прикладная информатика. 2018. Т. 13. № 3 (75). С. 5–15.
15. The Open Group Architecture Framework. // [Электронный ресурс]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/The_Open_Group_Architecture_Framework, своб.

© Гуржий Алексей Александрович (aleksey.gurzhiy@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.14

СУЩЕСТВУЮЩИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ ПОДДЕЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ И СПОСОБЫ ИХ ОБНАРУЖЕНИЯ

EXISTING RESEARCH, METHODS FOR CREATING FAKE IMAGES AND WAYS TO DETECT THEM

V. Eremuk
V. Romashov

Summary: With the development of advanced technologies in the field of programming, the possibility of creating fake images has arisen, which raises growing concerns about the authenticity of visual content. On the other hand, the detection of fake images has become essential to prevent the spread of misinformation and malicious intent. This thesis paper explores the algorithms used to create fake images and the algorithms used to detect them. Researchers have developed a variety of technical tools, including Photoshop software and deep learning algorithms, to generate fake images with a high degree of realism. At the same time, many detection methods have emerged, including metadata analysis, the use of computer vision algorithms, and the application of blockchain technology to ensure the authenticity of the image. According to recent research, deep learning is a promising approach for developing more accurate anomaly detection algorithms in images. As a consequence, it is critical to develop and continually improve detection methods to ensure the accuracy and authenticity of visual content.

Keywords: fake images, detection methods, computer vision algorithms, blockchain technology, accuracy, deep learning.

Еремук Владимир Вадимович
Аспирант, Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург
polar.vl@yandex.ru
Ромашов Виктор Андреевич
Аспирант, Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург

Аннотация. С развитием передовых технологий в области программирования возникла возможность создания поддельных изображений, что вызывает растущие опасения относительно подлинности визуального контента. С другой стороны, обнаружение поддельных изображений стало крайне важным для предотвращения распространения дезинформации и злонамеренных намерений. Эта тезисная работа исследует алгоритмы, используемые для создания фейковых изображений, и алгоритмы, используемые для их обнаружения. Исследователи разработали разнообразные технические средства, включая программное обеспечение Photoshop и алгоритмы глубокого обучения, предназначенные для генерации поддельных изображений с высокой степенью реалистичности. В то же время, появилось множество методов обнаружения, включая анализ метаданных, использование алгоритмов компьютерного зрения и применение технологии блокчейн для обеспечения подлинности изображения. Согласно последним исследованиям, глубокое обучение представляет собой перспективный подход для разработки более точных алгоритмов обнаружения аномалий в изображениях. Как следствие, крайне важно разрабатывать и постоянно улучшать методы обнаружения, чтобы обеспечить точность и подлинность визуального контента.

Ключевые слова: поддельные изображения, методы обнаружения, алгоритмы компьютерного зрения, технология блокчейн, точность, глубокое обучение.

Возможность создания поддельных изображений стала все более доступной с появлением новых технологий. Это привело к растущим опасениям относительно подлинности и достоверности визуального контента. Возможность создавать поддельные изображения не только подрывает журналистскую честность, но также может представлять угрозу национальной безопасности в случае распространения таких изображений, ведущей к распространению ложной информации. В то же время, возможность создания убедительных поддельных изображений также расширяет горизонты художественного самовыражения. Однако независимо от мотивов создания поддельных изображений, крайне важно разрабатывать и постоянно улучшать алгоритмы обнаружения таких изображений, чтобы обеспечить точность и подлинность визуального контента.

Для поддержания достоверности визуальных источников и прекращения распространения ложной информации, необходимо сохранять бдительность и готовность к угрозе, вызванной фальшивыми изображениями [5].

Подделка изображений может начинаться с двух точек:

1 — с реального изображения в качестве источника (использование реального изображения в качестве исходного материала, с последующим изменением его для получения поддельного изображения).

2 — из вектора шумовых точек: (Создание поддельного изображения с использованием вектора случайных точек, которые далее обрабатываются с помощью методов машинного обучения, чтобы получить наиболее реалистичное изображение).

В работе, проведенной J. Yang и соавторами [6], была рассмотрена актуальная проблема обнаружения поддельных изображений, и описана неотложность такого подхода. Генеративно-состязательные сети (GAN), показали свою способность в областях обработки изображе-

ний, звука и речи. Однако, несмотря на преимущества, передовые технологии, используемые в киберпреступлениях, не всегда безопасны и могут представлять угрозу. Технология Deepfake, основанная на генеративно-состязательных сетях (GAN), способна заменять лица различных людей, делая изображения визуально реальными. Deepfake позволяет целенаправленно подменять лицо одного человека другим, что может привести к широкому распространению фальшивых событий в Интернете и иметь серьезные последствия, такие как личные атаки и киберпреступления [6].

Основываясь на передовых исследованиях, авторы предложили разумный судебно-экспертный метод обнаружения Deepfake. Авторы сначала обнаружили тонкие различия в текстуре между реальным и поддельным изображением с помощью карты внимания к изображению, которая показывает различие в текстуре лиц. Для усиления этой разницы авторы использовали направленный фильтр с картой внимания как справочник для повышения артефактов текстуры, вызванных постобработкой, и отображения потенциальных функций фальсификации. Классификационная сеть Resnet18 эффективно учитывает эти различия и наконец реализует обнаружение реальных и поддельных изображений. Авторы оценили производительность метода, и эксперименты подтвердили, что предлагаемый способ позволяет достичь высокой точности обнаружения [10].

L. Choi и соавторы исследовали характеристики поддельных изображений, определяющие их обнаружаемость. Для визуализации областей, которые легко обнаруживает классификатор, был использован сегментационный классификатор. Помимо этого, была предложена техника усиления этих характеристик. Эксперименты показали, что классификатор поддельных изображений способен обнаруживать и классифицировать их даже при оптимальном проектировании генератора. Данное исследование подчеркивает важность обнаружения и классификации поддельных изображений среди других [3].

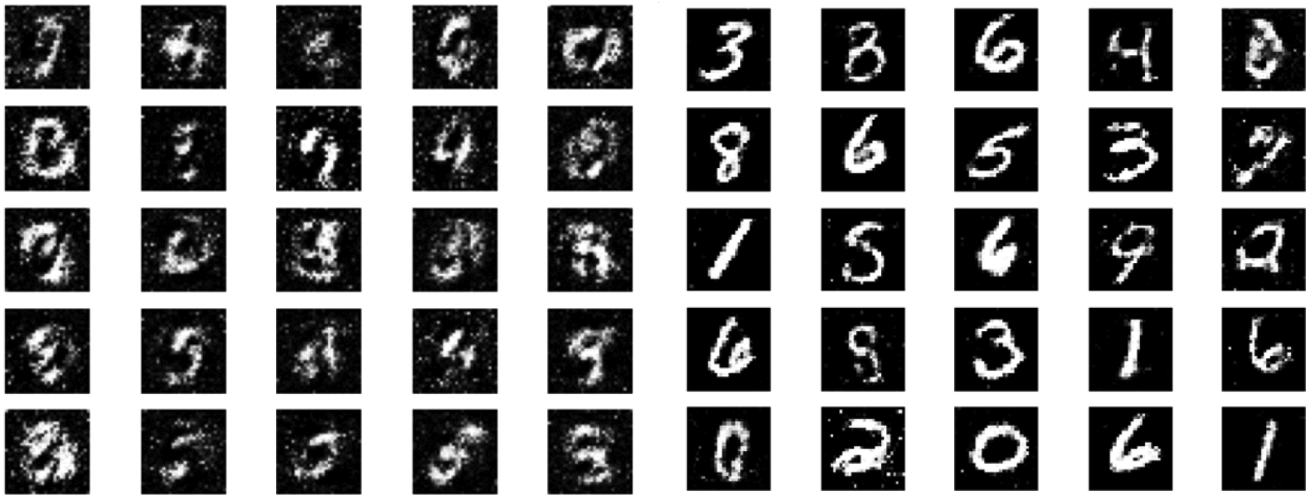
В работе X. Wang. и соавт., авторы сосредоточились на проблеме разработки техник обнаружения лиц на основе GAN, которые могут исследовать и выявлять поддельные лица. Они стремились предоставить всеобъемлющий обзор последних достижений в области обнаружения лиц, созданных с помощью GAN. Они сосредоточились на способах обнаружения поддельных лиц, созданных или синтезированных с помощью моделей GAN. Они разделили свою работу на категории, такие как обучение на основе глубокого обучения, оценка и сравнение с визуальной производительностью человека. Они изучили и кратко изложили особенности и ключевые идеи создания и обнаружения поддельных лиц на основе GAN [9].

Авторы С. Тарик и соавторы исследовали проблему обнаружения поддельных изображений лиц, которая является важной для предотвращения различных видов злоупотреблений. В своей работе они предложили систему форензики изображений под названием FakeFaceDetect, основанную на нейронных сетях, для обнаружения различных поддельных изображений лиц. Особое внимание авторы уделили обнаружению поддельных изображений, созданных с использованием генеративно-состязательных сетей (GAN). Для исследования авторы использовали поддельные изображения, полученные как из GAN, так и от людей. Результаты работы FakeFaceDetect демонстрировали высокую точность в обнаружении поддельных изображений [8].

В работе F.I. Alarsan и соавторов предлагается также использование GAN для выбора оптимальных гиперпараметров при создании поддельных изображений цифр от 1 до 9. Подход основан на обучении генератора и дискриминатора, чтобы определить, являются ли созданные изображения поддельными или подлинными. Техника генетического алгоритма (GA) использовалась для настройки гиперпараметров GAN, и полученный алгоритм назван GANGA: генеративно-состязательная сеть с генетическим алгоритмом. Результатом работы алгоритма стала высокая производительность; удалось получить значение функции потерь для генератора и дискриминатора равное нулю. Для решения данной проблемы была использована среда Anaconda с соответствующими необходимыми библиотеками. Для проверки работоспособности был использован набор данных MNIST. Предлагаемый метод заключается в выборе генетическим алгоритмом наилучших значений гиперпараметров при минимизации функции стоимости, такой как функция потерь, или максимизации точности, используемой для нахождения наилучших значений скорости обучения, нормализации пакетов, количества нейронов и параметра слоя исключения [1].

Начиная с шума, может потребоваться много шагов, чтобы приблизиться к целевому изображению. Для этой цели может использоваться модель, обученная преобразовывать шум в поддельные изображения, пример которой представлен на Рисунке 1; левое изображение находится во время подделки, правое изображение является поддельным изображением на последнем шаге.

Сгенерированные изображения взяты из хорошо известного набора данных под названием MNIST dataset. Набор данных MNIST представляет собой значимый ресурс, который используется для оценки эффективности методов генерации и обнаружения поддельных изображений цифр. Он содержит изображения рукописных цифр, и его использование в данном контексте позволяет проверить разработанные алгоритмы обнаружения поддельных изображений на основе сравнения с подлинными изображениями.



в течение поколения в конце

Рис. 1. Пример поддельных изображений из-за шума [4]

Появление поддельных изображений в эпоху цифровых технологий — это растущая проблема, которая может иметь серьезные последствия. В связи с прогрессом технологий, возможность создания убедительных поддельных изображений с определенными модификациями стала значительно более доступной, чем когда-либо прежде. Это приводит к потенциальному риску обмана для пользователей, поскольку они могут быть введены в заблуждение при восприятии таких изображений. Возможность обнаруживать, и точно классифицировать поддельные изображения становится все более важной для обеспечения целостности и достоверности визуального контента. В отсутствие адекватных методов обнаружения, ложная информация может оперативно распространяться, порождая ошибочные последовательности событий. В то же время, обнаружение поддельных изображений может помочь научным исследованиям и национальной безопасности (например, изображения могут быть подделаны с целью ввода следователей в заблуждение и отклонения от истинного хода расследования). Таким образом, разработка точных и эффективных методов обнаружения является ключевым моментом в обеспечении подлинности и надежности визуальной информации. Укрепляя способность обнаруживать поддельные изображения, можно гарантировать доверие к цифровым носителям, а также защиту от многих негативных последствий мошенничества с изображениями [6].

Новые подходы глубокого обучения для обнаружения поддельных изображений включают [2; 7]:

1. Применение генеративно-состязательных сетей (GAN) для генерации поддельных изображений и обучения сетей-детекторов с целью различения подлинных и поддельных изображений представляет собой активно исследуемый подход в научном сообществе. Этот подход имеет два дополнительных эффекта: генерация поддельных изображений и обнаружение поддельных изображений.
2. Применение алгоритмов машинного обучения, включая случайный лес (Random Forest) и XGBoost, для разработки классификаторов, способных определять поддельные изображения на основе значений их гиперпараметров. Для этого используются характеристики или признаки изображений, которые могут быть извлечены и использованы для обучения классификационных моделей.
3. Использование сверточных нейронных сетей (Convolutional Neural Networks) для автоматического извлечения признаков изображений и обнаружения поддельных элементов в поддельных изображениях.
4. Использование нескольких сетей для обнаружения поддельных изображений, таких как вариационные автоэнкодеры (Variational Autoencoder) и сетей Гауссовских смесей (Gaussian Mixture Networks), которые могут обнаруживать поддельные элементы, которые нельзя обнаружить при использовании только одной сети (например, лица и эмоции).

Указанные подходы могут улучшить возможность обнаружения поддельных изображений и защитить людей и информацию от потенциальных злоупотреблений.

Исследования по обнаружению поддельных изображений

Несмотря на некоторый прогресс в обнаружении поддельных изображений с помощью машинного обучения, все еще существуют проблемы, требующие решения и анализа [9], такие как:

— Недостаточное количество поддельных изображений в обучающих наборах данных. Это может

привести к тому, что модели будут недостаточно эффективными при обнаружении поддельных изображений.
— Сложность детектирования поддельных видео. Для обнаружения поддельных видео требуются дополнительные методы, такие как анализ движения или анализ звука.
— Возникает проблема обнаружения поддельных изображений с использованием генеративно-состязательных сетей. Такие поддельные изображения могут быть трудно отличимыми от настоящих, поскольку они могут обладать высокой степенью реалистичности.

Анализ и решение этих проблем требуют дополнительных исследований и разработок новых подходов и методов для улучшения существующих решений по обнаружению поддельных изображений.

В целом, обнаружение поддельных изображений является сложной задачей, которая требует использования различных методов и технологий. С ростом доступности мощных вычислительных ресурсов и развитием алгоритмов машинного обучения исследования в этой области стали более активными. Тем не менее, обнаружение поддельных изображений является важной задачей в нашем мире, где фальсификации могут повредить исходную информацию и привести к непредсказуемым последствиям, в том числе, к утечкам данных, фальсификации документов, политическим манипуляциям и т.д. Предоставление надежной и эффективной защиты от фальсификаций является ключевым шагом в обеспечении нашей безопасности и доверия в Интернете.

ЛИТЕРАТУРА

1. Alarsan F.I., Younes M. Best selection of generative adversarial networks hyper-parameters using genetic algorithm // SN Computer Science. — 2021. — Т. 2. — №. 4. — С. 283
2. Birunda S.S. et al. Fake Image Detection in Twitter using Flood Fill Algorithm and Deep Neural Networks // 2022 12th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence). — IEEE, 2022. — С. 285–290.
3. Chai L. et al. What makes fake images detectable? understanding properties that generalize // Computer Vision–ECCV 2020: 16th European Conference, Glasgow, UK, August 23–28, 2020, Proceedings, Part XXVI 16. — Springer International Publishing, 2020. — С. 103–120.
4. Cheng K. et al. An analysis of generative adversarial networks and variants for image synthesis on MNIST dataset //Multimedia Tools and Applications. — 2020. — Т. 79. — С. 13725–13752.
5. Galbally J., Marcel S. Face anti-spoofing based on general image quality assessment // 2014 22nd international conference on pattern recognition. — IEEE, 2014. — С. 1173–1178.
6. Qi P. et al. Exploiting multi-domain visual information for fake news detection // 2019 IEEE international conference on data mining (ICDM). — IEEE, 2019. — С. 518–527.
7. Tariq S. et al. Detecting both machine and human created fake face images in the wild // Proceedings of the 2nd international workshop on multimedia privacy and security. — 2018. — С. 81–87.
8. Tariq S. et al. Gan is a friend or foe? a framework to detect various fake face images // Proceedings of the 34th ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing. — 2019. — С. 1296–1303.
9. Wang X. et al. Gan-generated faces detection: A survey and new perspectives //arXiv preprint arXiv:2202.07145. — 2022.
10. Yang J. et al. Detecting fake images by identifying potential texture difference // Future Generation Computer Systems. — 2021. — Т. 125. — С. 127–135.

© Еремук Владимир Вадимович (polar.vl@yandex.ru); Ромашов Виктор Андреевич

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.15

СТРУКТУРА ОДНОРОДНЫХ РЕГИСТРОВЫХ СРЕД В ПОЛЯХ ГАЛУА

STRUCTURE OF HOMOGENOUS REGISTRY FIELDS IN THE GALUA FIELDS

Z. Kardashova

Summary: This article covers the issues of defining the concept and classification of media from homogeneous register elements, methods of their theoretical description using extended binary Galois fields GF(2^m), examples of circuit design of cells of these media and connecting them together and blocks.

Keywords: Galois field GF(2^m), homogeneous medium, register structures, logical cell, encoding and decoding, error limiting codes, digital filtering.

Кардашова Земфира Рашидовна
Аспирант, Дагестанский государственный технический университет
zeminda@yandex.ru

Аннотация. Данная статья освящает вопросы определения понятия и классификации сред из однородных регистровых элементов, способов их теоретического описания с помощью расширенных двоичных полей Галуа GF(2^m), примеров схемотехнического исполнения ячеек этих сред и соединения их в совокупности и блоки.

Ключевые слова: поле Галуа GF(2^m), однородная среда, регистровые структуры, логическая ячейка, кодирование и декодирование, коды, ограничивающие ошибки, цифровая фильтрация.

Под однородной средой понимается некоторая совокупность функциональных элементов, способных выполнять ряд логических и/или арифметических операций и, в совокупности, реализующих ту или иную математическую парадигму.

Характерными свойствами однородной среды являются: [1]

1) Однородность состава структуры, состоящего из функционально одинаковых элементов, зачастую представляющих собой аппаратные или программные аналоги существующих в реальности узлов машин и механизмов, или органов живых существ.

2) Возможность создания в такой среде из однородных элементов виртуальных структур, способных преобразовывать информацию по заданным правилам.

3) Как следствие 2-го пункта, к функциональным элементам предъявляются требования:

— наличие связи каждого элемента с другими элементами среды по входам и выходам,
— связь с входом и выходом среды,
— возможность параллельного вывода состояния среды (контроль содержимого остатка от деления — сигнатуры),
— наличие входов обеспечения синхронности процессов, настройки элементов и среды от внешних устройств и др.

Создание однородной среды, реализующей заданную математическую парадигму, предполагает: [1]

1) Во-первых, определение алгебры операций, специфичных для рассматриваемого множества элементов, которые соответствуют классическим арифметическим и логическим действиям: сложению, умножению, делению, но выполняются по правилам выбранной области математики.

2) Во-вторых, это предполагает разработку соответствующего аппаратного и схематически реализуемого устройства, обеспечивающего выполнение основных математических операций над элементами некоторого множества (либо его программного аналога).

В ряде практически важных областей, таких, как цифровая фильтрация, идентификация двоичных последовательностей, помехоустойчивое кодирование и декодирование, генерация случайных последовательностей, Фурье-подобные преобразования и прочие, находит применение алгебра математических операций, определяемая аппаратом двоичных полей Галуа $GF(2^m)$. [2]

Технические разработки однородных сред для преобразования информации в полях Галуа $GF(2^m)$ традиционно представлены регистровыми структурами, обязательными элементами которых являются сумматоры по модулю два, регистры и логические элементы.

Их характерной особенностью является жёсткость правил преобразования, ориентированность на выполнение только определённого типа операций, заданных над полем, что, с практической стороны осуществляемых такой структурой операций, приводит к кодированию с использованием только одного из образующих кодов, или фильтрации только по одному фильтрующему полиному и т.д. Целый ряд работ в области однородных регистровых сред посвящён преодолению этих ограничений и созданию программируемых структур, способных гибко перестраиваться под реализацию тех или иных задач преобразования информации. [3]

Рассматривая элементы однородных регистровых сред, следует выделить два класса регистровых структур: [3]

1) В первом из них, сумматоры располагаются между ячейками регистра на позициях, определяемых одним из сомножителей или делителем.

2) Во втором классе сумматоры располагаются вне регистра.

Для каждого из этих классов, по направлению передачи информации в однородной среде, определены подклассы: [1]

1) В первом из них, информация передаётся с входа на выход: это направление является базовым при выполнении однородной средой операций умножения, например, в устройствах помехоустойчивого кодирования.

2) Во втором подклассе информация передаётся с выхода на вход, что используется в преобразователях с базовой операцией деления над полем, например, при декодировании с обнаружением ошибок.

Существуют три алгебраические структуры, увязывающие множества чисел с применяемыми к ним операциями, подобных сложению/вычитанию и умножению/делению:

1) Группа, поддерживает одну пару связанных операций над элементами множества: или сложение/вычитание, или умножение/деление.

2) Кольцо поддерживает одну пару связанных операций (обычно сложение / вычитание) и одну одиночную операцию (обычно умножение).

3) Поле — структура, поддерживающая две пары операций над его элементами: сложение/вычитание и умножение/деление, за исключением деления на нуль. Поле может иметь конечное и бесконечное число элементов. Так же поле определяют как коммутативное кольцо, в котором вторая операция удовлетворяет всем пяти свойствам (замкнутость, ассоциативность, коммутативность, существование нейтрального элемента, существование инверсии), определённым для первой операции, за исключением того, что нейтральный элемент первой операции (иногда называемый нулевой элемент) не имеет инверсии.

Практическое применение в приложениях, касающихся обработки сигналов, фильтрации, кодирования и декодирования нашли только конечные поля.

В 1830 году Эварист Галуа показал, что поля, чтобы быть конечными, должны иметь число элементов p^m, где p — простое, а m — положительное целое число. А в 1893 году Элиаким Мур доказал теорему о классификации конечных полей, утверждающую, что любое конечное поле является полем Галуа. Так за конечными полями закрепилось название полей Галуа и соответствующее обозначение: $GF(p^m)$.

Простейшим двоичным полем Галуа является конечное множество из двух (p=2, m=1) значений {0; 1} с определёнными для него операциями сложения (или, через аддитивную инверсию «–a», вычитания) и умножения (или, через мультипликативную инверсию «a^{-1}», деления), как показано на рисунке 1.

Операции, определённые на данном поле имеют ряд особенностей:

- сложение, фактически, является операцией исключающего «или» (XOR),
- операция умножения, фактически, является операцией логического «и» (AND),
- операции сложения и вычитания — та же самая операция XOR,
- операции умножения и деления — та же самая операция AND.

Аналогично, можно определить поле $GF(2^2)$ из m=2-х бит, имеющее 2^2=4 элементов:

{00, 01, 10, 11}.

Операции сложения и умножения для этого поля представлены на рисунке 2.

Здесь каждое слово (2 бита) — аддитивная инверсия себя.

Каждое слово (кроме 00) имеет мультипликативную инверсию.

Мультипликативные обратные пары — (01, 01) и (10, 11).

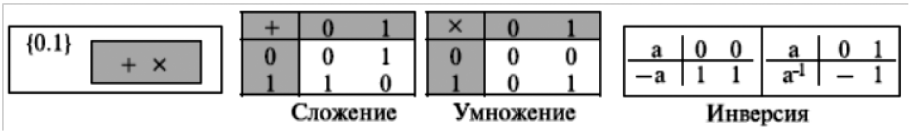


Рис. 1. Поле Галуа $GF(2^1)$

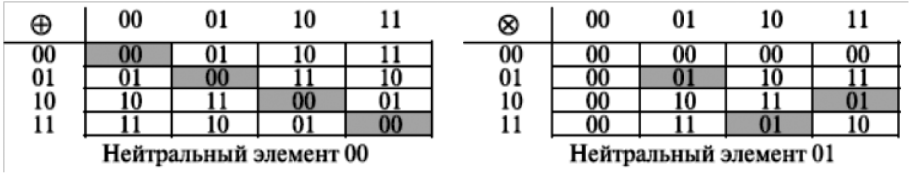


Рис. 2. Операции сложения и умножения для поля Галуа $GF(2^2)$

Поскольку компьютеры оперируют m-битовыми словами, в которых m={8; 16; 32; 64;…}, то наибольший интерес представляют поля Галуа $GF(2^8)$, $GF(2^{16})$, $GF(2^{32})$, $GF(2^{64})$ и так далее.

Примеры однородных регистровых сред

Разнообразие реализуемых однородными регистровыми средами математических парадигм предполагает широчайшее многообразие способов их аппаратной реализации. Можно отметить наличие моделей, позволяющих реализовать среды с ветвящимися структурами, среды, повышенной надёжности со скользящим структурным резервированием, позволяющие реализовать в среде виртуальные структуры преобразователей.

Некоторые из них рассмотрим ниже (см. рис. 3).

Этот элемент однородной регистровой среды имеет:

а) информационные входы:

2 — связи ячейки с общим входом среды;

4 — связи ячейки с выходом ячейки, предшествующей данной в среде;

7 — связи ячейки с выходом среды;

б) информационные выходы:

3 — вывода состояния ячейки в цепь обратной связи;

8 — связи с входом последующей данной в среде ячейки;

9 — вывода информации из ячейки;

в) входы настройки и синхронизации:

1 — ввода кода активизации входов и выходов элемента;

5 — ввода синхросигналов;

6 — установки элементов памяти среды в начальное состояние.

Входы и выходы ячеек среды активизируются в зависимости от выполняемых в среде функций, местоположения элемента в среде, кодов настройки, вводимых в регистр каждого из них по входу 1. По входу 5 осуществляется управление процессом синхронизации элементов среды. [3]

В работах [4], [5] предложена универсальная функциональная ячейка для формирования программируемой однородной регистровой среды, функциональная схема которой представлена на рисунке 5.

Функциональное назначение элементов этой ячейки следующее:

sm_i — логические сумматоры.

M — элемент памяти (ячейка регистра).

Рг — регистр хранения кода настройки структуры элемента среды.

XOR — сумматор по модулю поля $GF(2)$.

h_i — умножители в поле $GF(2^m)$ на скаляр — элемент поля GF(2), причём, h_i принимает значения 0 или 1, активизируя или блокируя тот или иной вход или выход ячейки.

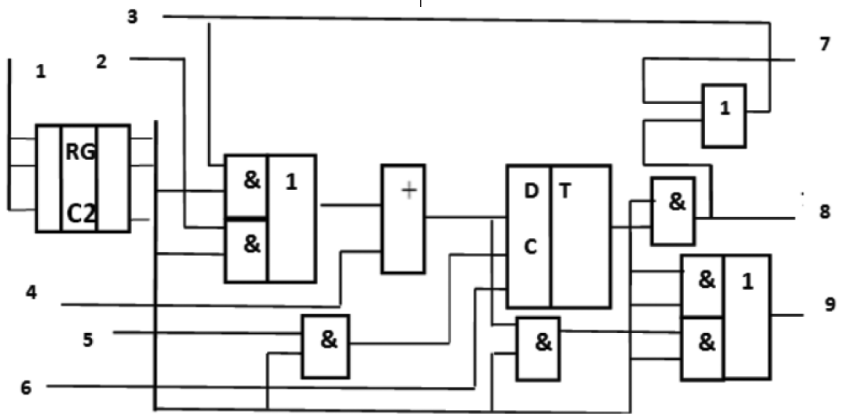


Рис. 3. Схема типового функционального элемента однородной регистровой среды [3]

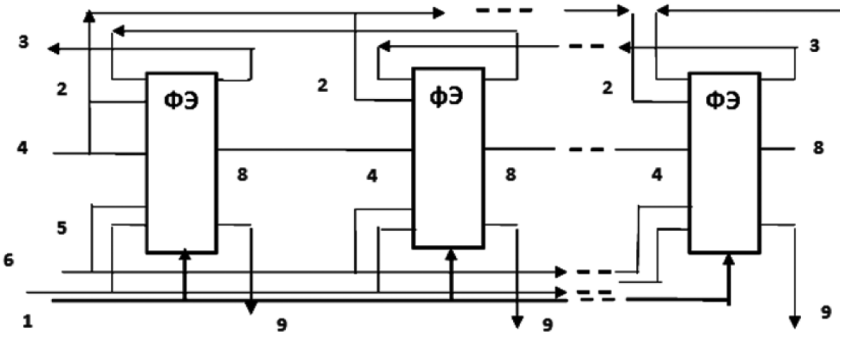


Рис. 4. Однородная регистровая среда на базе типового элемента с рисунка 3 [3]

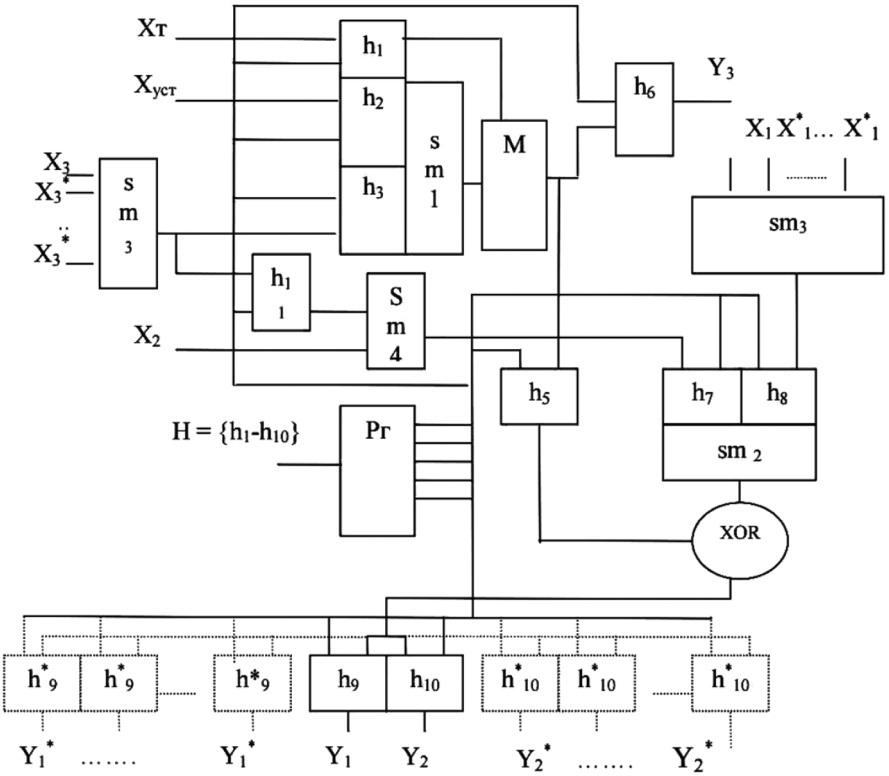


Рис. 5. Ячейка однородной ветвящейся полиномиальной среды [5]

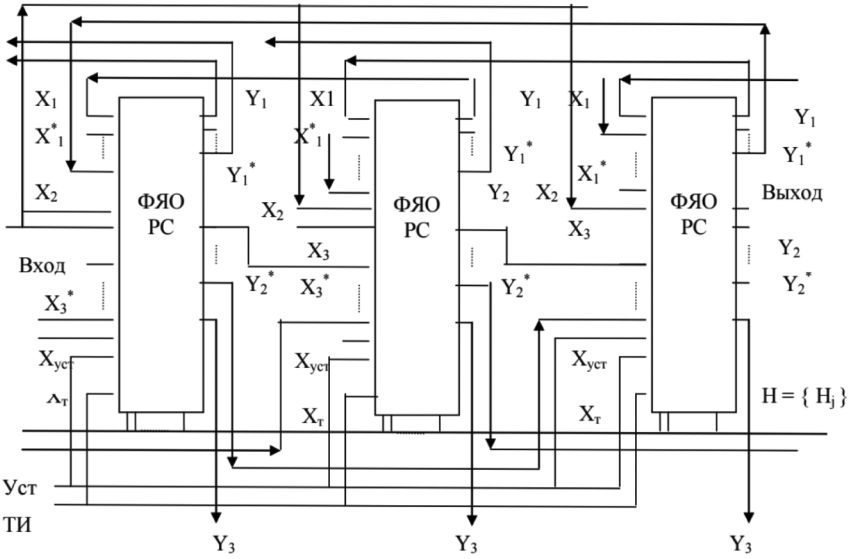


Рис. 6. Структура однородной ветвящейся полиномиальной среды [5]

*h**— элементы ячеек, для организации связей по информационным входам и выходам с ячейками, предшествующими и стоящими в среде после данной ячейки. При создании однородной среды без дополнительных связей, расширяющих функциональные возможности среды, эти элементы в её структуре отсутствуют.

$H = (h_1, h_2, \ldots, h_n)$ — двоичный вектор настройки ячейки, формируется и вводится в процессе формирования в среде структуры виртуальных преобразователей информации.

Однородная среда, построенная на базе ячейки рисунка 5, может быть функционально представлена схемой рисунка 6.

Одной из целей разработки и совершенствования однородных регистровых структур является возможность замены ими программируемых логических матриц (ПЛМ), широко применяемых в схемах аппаратного преобразования кодовых последовательностей.

Недостатками ПЛМ являются: [6]
- — большое время программирования;
- — невозможность перепрограммирования для использования ПЛМ в других целях, так как программирование осуществляется электрическим пережиганием специальных плавких участков;
- — невозможность исправить (восстановить) связи, пережжённые ошибочно.

В отличие от ПЛМ, программируемые регистровые структуры содержат блок управления и настройки, и блок, представляющий собой среду, состоящую из одинаковых функциональных элементов — ячеек, соединённых между собой гибкими, управляемыми программными связями, образующими однородную программируемую регистровую структуру, которая позволяют осуществлять приём сигналов каждым из её элементов, как от внешней среды — общего входа, так и по цепи обратной связи. [7]

Универсальная логическая ячейка с программируемой структурой, способная заменить собой элементы логических матриц, содержит: [7]
- — синхронный D-триггер (T),
- — сумматор по модулю два (XOR),
- — восемь логических элементов И (AND),
- — три логических элемента ИЛИ (OR).

В данной конструкции ячейки однородной среды предусмотрены: [7]
- — информационные входы элементов — X0, X1, X2,
- — управляющие сигналы — 1,2,3,4,5,6,8,9,
- — а также информационные выходы элементов — Y1, Y2, Y3.

Приведённая схема ячейки позволяет менять в однородной среде, построенной на её основе менять выполняемые средой функции и менять структуру связей между ячейками управляя направлением информационных потоков.

В [8] предложена однородная регистровая среда, представляющих системный аппаратный ресурс, в котором, в процессе эксплуатации системы, могут быть программно сформированы структуры виртуальных преобразователей информации, выполняющие функции генерации псевдослучайных чисел, кодирование и декодирование в кодах, обнаруживающих ошибки, функции цифровой фильтрации, функции операций умножения и деления в расширенных двоичных полях Галуа, функции хранения информации, сравнения кодов.

Установка в начальное состояние и настройка однородной регистровой среды с программируемой структурой сводятся к вводу данных о формируемом в среде виртуальном устройстве в блок управления и настройки и ввод этим блоком кодов настройки в регистры настройки регистровых ячеек блока, представленного на рисунке 8. От внешнего устройства в устройство управления и настройки вводится сигнал, определяющий характери-

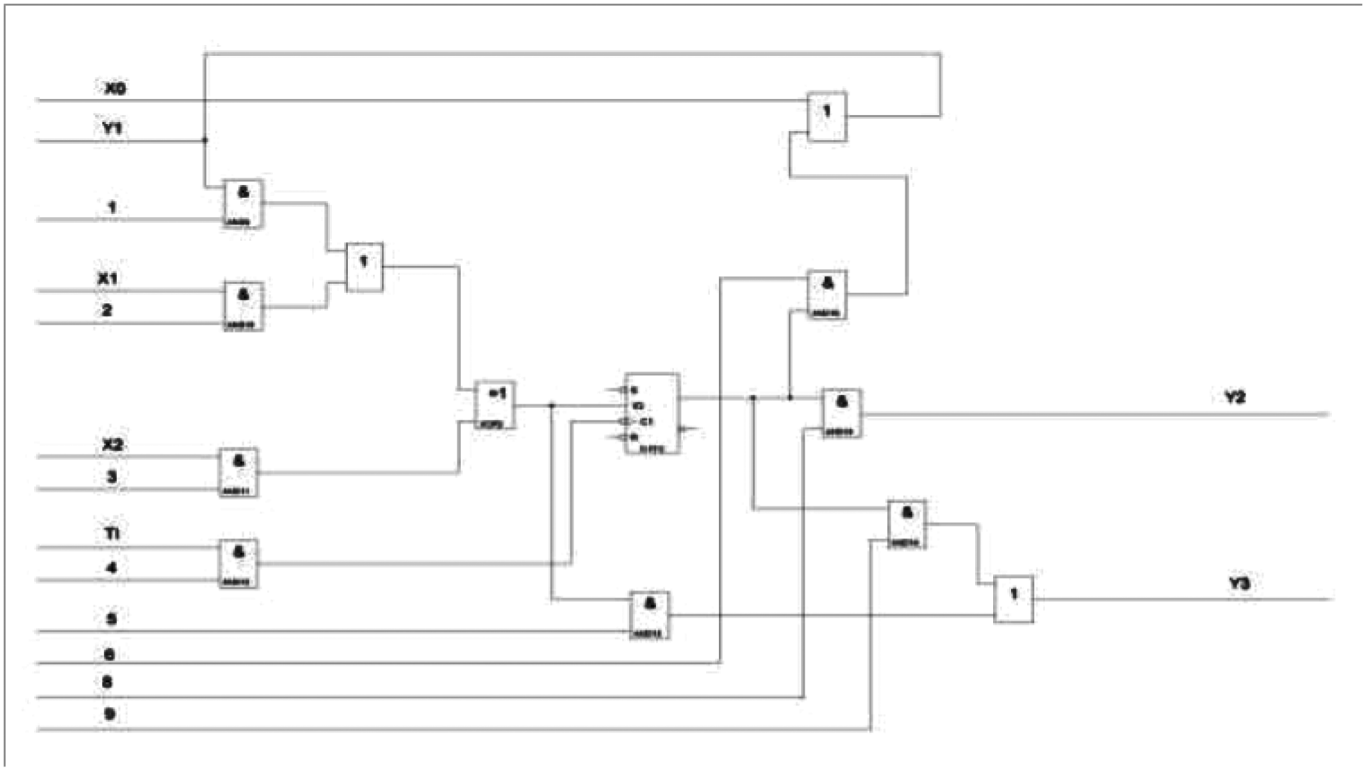


Рис. 7. Схема универсальной логической ячейки программируемой однородной среды [7]

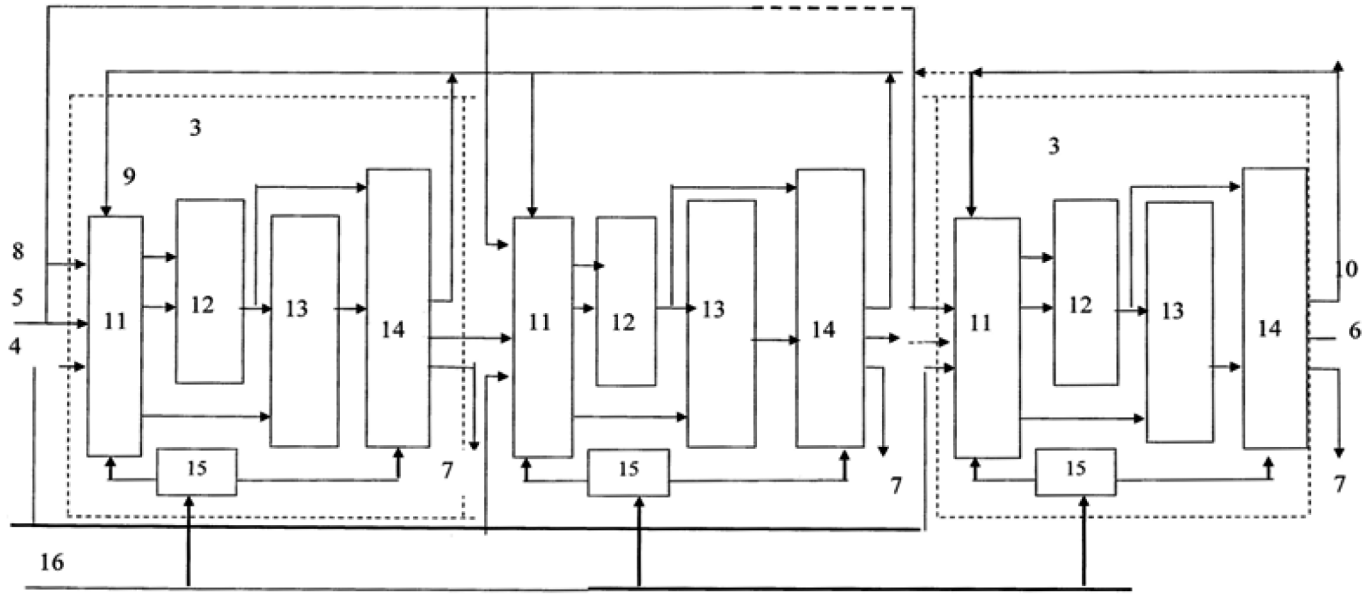


Рис. 8. Структура регистрового блока программируемой однородной среды [8]

стики входного сигнала и число тактов, выполнения операций по его преобразованию. При этом, устройством управления и настройки все регистры кодов настройки ячеек устанавливаются в начальное состояние. [8]

В зависимости от выбранного способа ввода кодов настройки выполняется настройка ячеек среды путём ввода по входам 16 кодов настройки в регистры ячеек. По окончании процесса настройки элементов среды осуществляются ввод преобразуемого входного сигнала и вывод результатов по тактовым импульсам, формируемым устройством управления и настройки. При этом, число тактовых импульсов зависит от выполняемых виртуальным устройством преобразований. [8]

Блок регистровых ячеек среды с программируемой структурой состоит из настраиваемых функциональных элементов-ячеек 3. Элемент-ячейка 3 содержит:

— логический блок входа 11,
— сумматор по модулю два 12,
— синхронный D-триггер 13,
— логический блок выхода 14,
— регистр кода настройки элемента 15.

Вход 5 первой ячейки блока связан с входом регистровой среды, а входы 5 остальных ячеек связаны с выходами 6 предшествующих ячеек.

Вход 8 всех ячеек связан с входом среды и служит для ввода преобразуемых данных.

Вход 4 связан с выходом тактирования устройства управления и настройки.

Входы 9 всех ячеек связаны с выходом регистрового блока цепью обратной связи.

Выходы 10 всех ячеек являются выходами в цепь обратной связи.

Выходы 7 являются выходами ячеек из среды.

Входы 16 являются входами настройки ячеек от устройства управления и настройки.

Код настройки каждой ячейки вводится и хранится на время выполнения функций виртуальным преобразователем информации в регистре 15. Выходы регистра определяют активные цепи логических блоков 11 и 14. На входы сумматора по модулю два 12, в зависимости от настройки, могут быть поданы сигналы с входа среды, выхода предшествующей ячейки или из цепи обратной связи. Выход сумматора связан с входом синхронного триггера 13, результат суммирования может быть записан в триггер, если настройка предполагает такую запись, либо результат может быть выведен на один из выходов ячейки через выходной логический блок 14.

Выводы

1) В области аппаратной реализации устройств цифровой фильтрации, преобразования кодов, кодирования и декодирования кодами, обнаруживающими ошибки, существует запрос на разработку гибких программируемых однородных регистровых сред и замену ими узлов на базе одноразово программируемых логических матриц.

2) Теоретическим аппаратом, описывающим функционирование однородных регистровых сред, являются поля Галуа различной степени m $GF(2^m)$ с характеристикой p=2, позволяющие ввести и необходимые алгебры операций над элементами поля, проводимые в регистровой среде.

3) Ячейки однородных регистровых сред могут быть очень сложными по своей структуре, но формируются на базе простых элементов: D-триггеров, сумматоров по основанию 2, логических элементов И, ИЛИ, НЕ.

4) Структурно, однородные регистровые среды состоят из блока управления и настройки и регистрового блока из настраиваемых логических ячеек.

5) Многообразие выполняемых однородными регистровыми средами функций подразумевает разнообразие их схемотехнических реализаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аладьев В.З. Однородные структуры. — Таллинн: Изд-во АН ЭССР, 1988
2. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки. / Пер. с англ. под ред. К.Ш. Зигангирова. — М.: Мир, 1986
3. Кадиев И.П., Кадиев П.А. Однородные регистровые среды с программируемой структурой. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки, 2014, № 4(35)
4. Кадиев П.А., Губа А.В., Кадиев И.П. Ячейка однородной среды. Патент РФ № 2059284. Бюл. № 12,1996.
5. Кадиев П.А., Губа А.В., Кадиев И.П. Ячейка однородной ветвящейся полиномиальной среды. Патент РФ № 2129297. Бюл. № 11,1999.
6. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника. Учеб. пособие для вузов. Изд. 2. — СПб.: БХВ-Петербург, 2004. С. 357.
7. Амаева Д.К. Моделирование однородных регистровых сред с программируемой структурой. Доклад. ФГБОУ «Дагестанский государственный технический университет».
8. Кадиев П.А., Кадиев И.П. Однородные регистровые среды с программируемой структурой. Патент RU2449347C2, 2010.

© Кардашова Земфира Рашидовна (zeminda@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.17

ПРОСТОЙ АЛГОРИТМ ПЛОТНОЙ УПАКОВКИ НЕСКОЛЬКИХ ВИДОВ СТАНДАРТНОГО ГРУЗА В ГРУППУ ВАГОНОВ

Катаева Лилия Юрьевна
доктор физ.-мат. наук, профессор,
Филиал «Самарский государственный университет путей сообщения», г. Нижний Новгород
kataeval2010@mail.ru

Аннотация. Одним из приоритетных направлений является автоматизация и оптимизация процесса погрузки вагонов. В данной статье описывается алгоритм ортогональной плотной упаковки нескольких типов стандартных грузов в группу вагонов и приводятся примеры моделирования на основе этого алгоритма. Алгоритм основан на сочетании метода динамического программирования с мемоизацией. Для повышения эффективности алгоритма вводится критерий оценки каждого вида груза на предмет удобства его упаковки в вагон. Целевая функция в этом случае учитывает частичную загрузку последнего контейнера. Предполагается, что у нас есть много грузов каждого вида. Исследуются эвристики алгоритма упаковки для различных наборов входных данных. Установлено, что классические эвристики более эффективны для случая упаковки большого количества разнородных грузов, однако эффективность алгоритма динамического программирования с мемоизацией при объединении эвристик для фактора неудобства погрузки конкретных видов грузов возрастает при наличии большого количества нескольких видов грузов. Результаты показывают, что использование такой комбинации алгоритмов приводит к минимизации количества автомобилей, необходимых для перевозки грузов.

Ключевые слова: упаковка груза, группа вагонов, оптимизация, динамическое программирование.

SIMPLE ALGORITHM OF DENSE PACKING SEVERAL TYPES OF STANDARD CARGOES IN A GROUP OF WAGONS

L. Kataeva

Summary: One of the priority areas is the automation and optimization of the railcar loading process.This paper describes an algorithm for orthogonal dense packing of several types of standard cargo into a group of wagons and gives examples of simulation based on this algorithm. The algorithm is based on the combination of the method of dynamic programming with memoization. To improve the efficiency of the algorithm, a criterion for evaluating each type of cargo for the convenience of packing it into a wagon is introduced. The target function in this case takes into account the partial loading of the last container. It is assumed that we have a lot of cargo of each kind. The heuristics of the packing algorithm for different sets of input data are investigated. It is found that the classical heuristics are more efficient for the case of packing a large number of heterogeneous cargoes, but the efficiency of the dynamic programming algorithm with memoization when combining heuristics for the inconvenience factor for loading specific cargo types increases when there are a large number of multiple cargo types. The results show that the use of such combination of algorithms leads to minimization of the number of railcars required for cargo transportation.

Keywords: cargo packing, wagon group, optimization, dynamic programming.

Введение

Железнодорожный транспорт обладает высокой степенью надежности, регулярности и экологической безопасности. Для эффективного функционирования и развития железнодорожного транспорта создана мощная информационно-цифровая среда, однако, многие автоматизированные системы, используемые в данной сфере, являются информационными и могут быть улучшены с помощью оптимизационных моделей принятия решений.

Хотя выбор рациональных решений в различных сферах деятельности железнодорожного транспорта остается за человеком, часто возникает проблема много вариантности возможных решений, с которой не всегда может справиться человек. Решение этой проблемы заключается в использовании математических моделей при обработке больших данных. Транспортная стратегия Российской Федерации также признает необходимость применения аналитических систем и математических моделей в обеспечении поддержки принятия решений по регулированию функционирования и управлению развитием транспортного комплекса. В этом контексте, разработка и применение оптимизационных моделей принятия решений может значительно повысить эффективность работы железнодорожного транспорта и обеспечить более точное прогнозирование его развития в будущем [1, 2]. Эффективность работы железнодорожного транспорта оказывает существенно влияние на развитие региона и обеспечение его экономической безопасности [3, 4].

Одним из приоритетных направлений является автоматизация и оптимизация процесса погрузки вагонов. Для ее решения возникает необходимость разработки более совершенных и экономичных алгоритмов для упаковки грузов при условии минимизации количества используемых вагонов.

Поиск оптимального решения в режиме реального времени позволит наиболее эффективно использовать объем вагона, снизить затраты на транспортировку и повысить производительность железнодорожного транспорта. Кроме того, более плотная упаковка уменьшает вероятность повредить груз при его транспортировке. При неупорядоченной загрузке возможно возникновение неустойчивости поезда и даже привести к аварии.

История развития алгоритмов загрузки вагона насчитывает несколько десятилетий. Начальные алгоритмы были разработаны инженерами, работающими в области железнодорожной логистики, и применялись для оптимизации загрузки вагонов при транспортировке различных грузов. Оптимальная упаковка ящиков разного размера в контейнер — это комбинаторная задача оптимизации, которая относится к более широкой категории задач Упаковка в контейнеры (Bin Packing) и ранцы (Knapsack). Известно, что эти задачи являются NP-трудными, что означает, что поиск точного решения может быть вычислительно невыполнимым для неограниченного набора предметов. Поэтому многие современные алгоритмы для решения этих задач являются эвристическими или метаэвристическими по своей природе, поскольку они обеспечивают хорошие приближения к оптимальному решению за разумное время.

Для решения задачи упаковки грузов разработано большое количество методов. остановимся на некоторых из них. Одним из наиболее распространенных методов решения задачи об упаковке грузов является метод динамического программирования. В работе [5] авторы предложили алгоритм, основанный на методе динамического программирования, для решения задачи упаковки грузов с ограничениями на размеры и вес коробок. Улучшенный алгоритм был предложен в работе [6] и основан на методе динамического программирования с применением эвристических методов. Кроме того, существуют и другие методы решения задачи об упаковке грузов. В работе [7] был предложен метод генетического алгоритма для решения задачи упаковки грузов. В [8] был предложен метод решения задачи упаковки грузов на основе муравьиного алгоритма. Одним из наиболее распространенных методов решения задачи упаковки грузов является метод, основанный на линейном программировании (LP) и целочисленном линейном программировании (ILP). В работе [9] авторы предложили алгоритм, основанный на методе LP и ILP, для решения задачи упаковки грузов. В [10] данный был модифицирован и усовершенствован. Авторами [11] был предложен метод, основанный на генетическом алгоритме, для решения задачи упаковки грузов. Метод на основе алгоритма имитации отжига предложен авторами работы [12].

Можно отметить, что задача упаковки грузов является сложной и многогранной задачей, и решение ее может быть достигнуто различными методами. Однако, авторы большинства работ в основном рассматривают упаковку разнообразных грузов, в то время как в данной статье внимание сосредоточено на упаковке заданного количества нескольких видов грузов и минимизации количества требуемых вагонов для перевозки их.

Цель исследования

Решение задачи плотной ортогональной упаковки нескольких типов стандартного груза в группу вагонов с минимизацией количества последних.

Постановка задачи и ее анализ

Предполагается, что количество видов груза ограничено и для каждого из вида имеется большое количество единиц груза. Ключевым фактором выступает эвристика по критерию неудобства для каждого вида груза в сочетании с динамическим программированием, что определяет последовательность погрузки их в вагоны. Требуется минимизировать количество вагонов, необходимое для перевозки всех грузов. У каждого вида груза заданы его размеры и количество единиц данного груза. Кроме того, у каждой единицы груза можно задать ограничения на возможности ее поворота либо запрет на поворот относительно осей симметрии, что определяется перестановкой соответствующих координат. В данной постановке было исключено требование по наличию опоры для каждого последующей единицы груза. Решением задачи оптимизации является определение числа минимального вагонов, необходимого для перевозки всех имеющихся единиц заданных видов груза. При размещении каждой следующей единицы груза водится требование, связанное с невозможностью пересечения грузов и все размещаемые предметы должны находиться во внутренней части вагона. Величина целевой функции равна числу контейнеров уменьшенного на единицу и увеличенного на долю объема, заполненного в последнем вагоне. Рассматривается ортогональная упаковка, что позволяет использовать для решения задачи метод динамического программирования и рекурсивному разбиению вагона на части по плоскостям. Это приводит к увеличению объема памяти, необходимого для хранения результатов и количества вычислений. В данной работе используется бинарная переменная, показывающая есть ли груз данного вида в наличии или нет. Если груз данного вида закончился, возникает необходимость пересчета величины удобства (неудобства) для оставшихся видов грузов и связано это с необходимостью заполнить оставшееся пространство в текущем вагоне. Другая возникающая проблема, связана с использованием гильотинной резки. Ее можно смягчить, если соединять объекты с одинаковыми гранями.

Таким образом, в классическом варианте объем вычисления зависит от хранения промежуточных результатов и приводит к нарастанию вычислительной сложности. В рассматриваемом в данной работе случае нет необходимости хранить такое большое количество данных, и размерность задачи сводится к размерности геометрии. Увеличение производительности происходит за счет использования мемоизации. На входе задаются вектор размеров, бинарный вектор наличия (отсутствия) единиц грузов данного типа и вектор весов, характеризующий удобство видов груза.

Результаты исследования и их обсуждение

Для тестирования данного алгоритма использовались результаты [12]. Рассматривалась упаковка 8 предметов (2×10×10), 16 предметов (2×2×2) и ящик размерами 12×12×12. В работах [12] получена заполняемость 53,7 % в то время как предложенный алгоритм дает наиболее оптимальный результат с загрузкой всех имеющихся предметов, так как в данном алгоритме есть возможность планирования на всю глубину планирования. Но это преимущество проявляется только в ограниченном классе задач.

В данной работе решена задача для двух вариантов исходных данных для загрузки вагонов, представленных в таблице 1. В первой колонке показаны результаты для первого варианта расчета, а во второй колонке результаты расчетов для второго варианта. При первом варианте потребовалось всего 9 вагонов, заполненный объем вагонов с 1 по 4 и 7 для составлял: 82 %, для 5 вагона 83 %, для 6 вагона 77 % , 8 вагон — 93% и неполный 9 вагон — 31 %. При этом общая целевая функция имеет значение 83 %. Для второго варианта потребовалось 10 вагонов, заполненный объем с 1 по 3 вагоны составляет 64 %, для 4 вагона 60 %, , для 5 вагона — 90 %, для вагонов с 6 по 8 — 87 %, для 9 вагона — 67 % и для 10 вагона — 58 %. Как видно из результатов представленных на рисунке 1 — остатки грузов размещены в последнем вагоне и он в дальнейшем требует дозагрузки на следующем этапе. При этом общая целевая функция имеет значение 76 %. Неравномерная загрузка вагонов объясняется следующими факторами: в первую очередь загружается неудобный груз и затем к нему добавляется по возможности более удобный. Второй фактор, оказывающий влияющий на неравномерность загрузки является внезапное для алгоритма окончание данного типа груза, что приводит к необходимости включать пересчет ценности грузов на основе динамического программирования для оставшихся объектов.

На рисунке 1 показаны полученные результаты расположения исходных грузов по вагонам. Цветом выделены виды грузов, подлежащие упаковке. Как видно из рисунка 1*а* сначала осуществляется загрузка вида груза, выделенного зеленым цветом, так как его коэффициент неудобства выше. После того как груз данного вида заканчивается, происходит переоценка коэффициента неудобства и происходит догрузка вагона следующим видом груза максимально заполняя вагон. При условии, если нет подходящего груза для дозагрузки, остается свободное пространство.

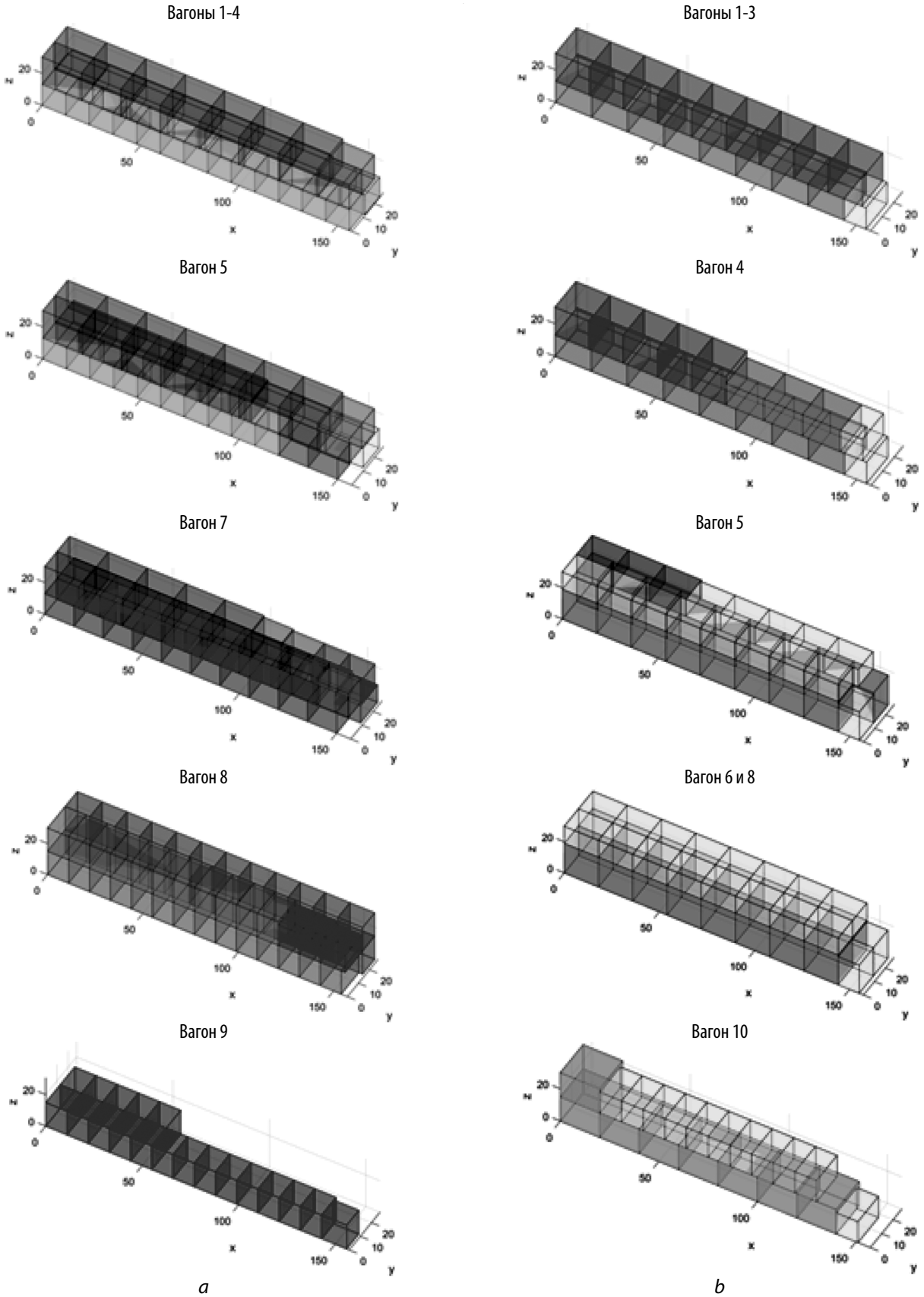
Заключение

В данной работе показана работа ортогональной алгоритма упаковки грузов в вагон на основе метода динамического программирования, использования мемоизации и оценки удобства (неудобства) груза для упаковки. Описанный алгоритм хорошо показал себя при решении задачи об упаковке ограниченного количества видов грузов при большом количестве единиц груза каждого вида. Исключение свободного пространства в последнем вагоне позволяет повысить чувствительность целевой функции. Он обеспечивает плотную упаковку грузов в вагоне, в то время как известные алгоритмы ориентированы в основном на упаковку разнородных грузов.

Таблица 1.

Характеристики контейнеров и объектов

	Длина	Ширина	Высота	Количество	Длина	Ширина	Высота	Количество
Вагон	15724	2764	3050	—	15724	2764	3050	—
	Вариант 1				Вариант 2			
Вид 1	11	16	15	39	18	13	19	95
Вид 2	12	12	13	70	20	20	15	22
Вид 3	15	13	11	83	17	18	17	32
Вид 4	14	12	19	47	18	11	13	92
Вид 5	20	11	17	95	11	19	14	4



a *b*

Рис. 1. Результаты решения задачи по размещению грузов в вагоне
a — для первого варианта исходных данных и *b* — для второго варианта исходных данных

ЛИТЕРАТУРА

1. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 года № 1734-р. Министерство транспорта Российской Федерации [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.mintrans.ru/documents/3/1009 (дата обращения 25.05.2023).
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 года №3363-р «Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года». Министерство транспорта Российской Федерации [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://mintrans.gov.ru/documents/2/11577 (дата обращения 25.05.2023).
3. Масленников Д.А., Митяков С.Н., Катаева Л.Ю., Федосеева Т.А. Выявление особенностей стратегического развития регионов на основе статистического анализа индикаторов // Экономика региона. — 2019. — Т. 15, № 3. — С. 707–719. — DOI 10.17059/2019-3-7.
4. Катаева Л.Ю., Масленников Д.А., Федосеева Т.А. Влияние индикаторов на прогнозируемость экономической безопасности региона // Фундаментальные исследования. — 2019. — № 12-1. — С. 72–76. — DOI 10.17513/fr.42624.
5. Martello, S., Toth, P. (1990). Knapsack Problems: Algorithms and Computer Implementations. John Wiley & Sons.
6. Bortfeldt, A., Gehring, H. (2002). An Improved Algorithm for the 3D Bin Packing Problem. European Journal of Operational Research, 141(1), 202–215.
7. Zhang, B., Wang, X. (2012). Solving the 3D Bin Packing Problem using Genetic Algorithm. Expert Systems with Applications, 39(10), 9124–9134.
8. Li, Z., Li, X., Zhang, Y. (2013). An Ant Colony Optimization Algorithm for the Three-Dimensional Bin Packing Problem. Journal of Intelligent Manufacturing, 24(2), 291–300.
9. Ota, J., Nakamura, M. (1994). A Branch-and-Bound Algorithm for the Bin-Packing Problem with Transportation Costs. European Journal of Operational Research, 72(2), 342–352.
10. Wang, Y., Liu, H., Li, X., Wu, T. (2017). An Improved Algorithm for the 3D Bin Packing Problem with Center of Gravity Constraint. Journal of Intelligent Manufacturing, 28(4), 917–928.
11. Li, Z., Li, X., Zhang, Y. (2012). An Effective Genetic Algorithm for 3D Bin Packing Problem with the Objective of Gravity Center Optimization. Expert Systems with Applications, 39(12), 11293–11302.
12. Li X., Zhao Z., Zhang K. A genetic algorithm for the three-dimensional bin packing problem with heterogeneous bins // IIE Annual Conference. Proceedings. — Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE), 2014. — С. 2039.

© Катаева Лилия Юрьевна (kataeval2010@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.19

КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗАТОР ДЕФЕКТОВ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ ШПИЛЕК КРЕПЛЕНИЯ КРЫШЕК ТУРБИН ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ[1]

COMPUTER DEFECT ANALYZER FOR ULTRASONIC FLAW DETECTION OF PINS FOR FIXING COVERS OF TURBINES OF HYDROELECTRIC POWER PLANTS[2]

Yu. Kozlov

Summary: A computer defect analyzer for ultrasonic flaw detection of hazardous production facilities is considered on the example of control objects of large-sized shafts, studs, rods, axles, supports, bolts, trunnions, extensions, and other parts of HPP equipment. The computer defect analyzer is designed to calculate the areas of defects, set up devices for ultrasonic testing according to ARD and SKH diagrams. The main distinctive advantages of a computer defect analyzer are:

1. Geometric interpretation of all computer calculations of defect parameters, which for the first time allows the operator to visually control the calculations themselves, i.e. the calculation ceases to be a black box, which significantly reduces the number of errors compared to the «manual» calculation;
2. Significant simplification of calculations of defect parameters.

Automation: 1) calculations of instrument settings, 2) calculations of the size / area of defects, 3) evaluation of defects greatly increases productivity, reliability and, very importantly, the visibility of instrument settings, calculations of defects, evaluation of defects. Minimizes control errors associated with manual calculations of instrument settings and manual calculations of the size / area of defects and their subsequent evaluation greatly increases the productivity, reliability and quality of control. Promotes the use of remote control methods.

Automation and full visualization of defect calculations and their evaluation with animation of the algorithm of the process of setting up the monitoring equipment make the calculation operations visual, visually controlled and completely eliminates errors related to the human factor that often occur when performing complex calculation operations manually, which is extremely important (!), especially when monitoring hazardous production facilities.

Keywords: computer analyzer; control automation; control computerization; control visualization; artificial intelligence during control; control productivity improvement; control quality improvement; control reliability improvement; industrial safety; non-destructive testing.

Козлов Юрий Николаевич

Инженер-механик, эксперт промышленной безопасности, программист-разработчик Microsoft Certified Solution Developer, автор патентов на полезные модели и изобретения в области ультразвукового контроля, Сибирский Государственный Аэрокосмический Университет (СибГАУ); Научный центр аэрокосмических технологий двойного назначения НЦ «СПЕКТР»
г. Москва
yuriyuri@mail.ru

Аннотация. Рассмотрен компьютерный анализатор дефектов для ультразвуковой дефектоскопии опасных производственных объектов на примере объектов контроля крупногабаритных валов, шпилек, штоков, осей, опор, болтов, цапф, удлинителей и др. деталей оборудования ГЭС. Компьютерный анализатор дефектов предназначен для расчета площадей дефектов, настройки приборов для ультразвукового контроля по АРД и SKH диаграммам. Главными отличительными преимуществами компьютерного анализатора дефектов являются:

1. Геометрическая интерпретация всех компьютерных расчетов параметров дефектов, что впервые предоставляет возможность оператору визуально контролировать сами расчеты, т.е. расчет перестает быть черным ящиком, что позволяет значительно сократить количество ошибок по сравнению в «ручным» расчетом;
2. Существенное облегчение расчетов параметров дефектов.

Автоматизация: 1) расчетов настройки приборов, 2) расчетов размеров/площади дефектов, 3) оценки дефектов многократно повышает производительность, надежность и, что очень важно, наглядность настройки приборов, расчетов дефектов, оценки дефектов. Минимизирует ошибки контроля, связанные с ручными расчетами настройки приборов и ручными расчетами размеров/площади дефектов и последующей их оценки многократно повышает производительность, надежность и качество контроля. Способствует применению дистанционных методов управления.

Автоматизация и полная визуализация расчетов дефектов и их оценки с мультипликацией алгоритма процесса настройки контролирующей аппаратуры делают расчетные операции наглядными, визуально контролируемыми и полностью исключает ошибки, связанные с человеческим фактором, которые часто возникают при выполнении сложных расчетных операций вручную, что исключительно важно (!), особенно при проведении контроля опасных производственных объектов.

Ключевые слова: компьютерный анализатор; автоматизация контроля; компьютеризация контроля; визуализация контроля; искусственный интеллект при контроле; повышение производительности контроля; повышение качества контроля; повышение надежности контроля; промышленная безопасность; неразрушающий контроль.

[1] Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2004611317. Компьютерный Анализатор Дефектов (КАД) [3]. Автор — Козлов Ю.Н.

[2] Certificate of registration of the computer program No. 2004611317. Computer Defect Analyzer (CAD) [3]. Author — Kozlov Yu.N.

Серьезная авария произошла на Нурекской ГЭС 9 июля 1983 года. Вероятной причиной аварии было названо отсутствие проведения ультразвуковой дефектоскопии шпилек крепления крышек турбин гидроэлектростанции.

«Выводы из той аварии сделаны не были, четкого указания на необходимость обязательного проведения ультразвукового контроля шпилек на всех крупных ГЭС сформулировано не было.» [2]

Аналогичная авария, со страшными разрушительными последствиями и человеческими жертвами произошла на Саяно-Шушенской ГЭС 17 августа 2009 г.

«Авария на гидроагрегате № 2 (разрушение конкретного технического устройства) произошла в момент срыва крышки турбины вследствие излома шпилек крепления крышки.» [1]

Компьютерный анализатор дефектов [3] предназначен для расчета площадей дефектов, настройки приборов для ультразвукового контроля по АРД и SKH диаграммам.

Главными отличительными преимуществами компьютерного анализатора дефектов являются:

1. Геометрическая интерпретация всех компьютерных расчетов параметров дефектов, что впервые предоставляет возможность оператору визуально контролировать сами расчеты, т.е. расчет перестает быть черным ящиком, что позволяет:
   - — значительно сократить количество ошибок на стадии ввода оператором входных данных и на стадии управления работой программы;
   - — проконтролировать ход расчета и «обоснованность» выходных данных;
   - — выявить случайные «алгоритмические» сбои в работе программы (что случается весьма редко, выявляется очень сложно, но всегда приводит к самым непредвиденным последствиям).

2. Существенное облегчение расчетов параметров дефектов.

На рисунке 1 и 2 приведены примеры расчетов площадей дефектов по АРД-диаграммам.

Входные данные для расчета: расстояние до дна, показание аттенюатора от дна, расстояние до дефекта, показание аттенюатора от дефекта.

Выходные данные: иллюстрация АРД-построений, площадь дефекта, оценка допустимости дефекта в соответствии с нормами оценки качества. На рисунке 1 приведен пример расчета для **допустимого дефекта**. На рисунке 2 приведен пример расчета (анализа) дефекта, в результате которого **дефект** оценен как **«недопустимый»**.

Расчет настройки аттенюатора прибора для контроля заданной глубины с помощью диаграммы SKH (Рис. 3)

Настройка производится по стандартному образцу N2.

Входные данные: предельная чувствительность контроля, глубина контроля, No.

Выходные данные: количество децибел, на которое необходимо изменить чувствительность прибора, чтобы получить настроечную чувствительность прибора для заданной глубины контроля (Kdb).

На рисунке 4 приведен пример расчета площади дефекта по SKH-диаграмме.

Подробное описание расчета настройки УЗ аппаратуры по графикам диаграммы SKH (Рис. 3)

Настройку ультразвуковой аппаратуры производим по эталонному образцу СО-2, который имеет отражатель в форме цилиндрического отверстия диаметром 6 мм, Класс шероховатости поверхности образца соответствует классу шероховатости поверхности контролируемой детали (вала, шпильки, штока, оси, болта, винта, удлинителя и др.). Для работы используем преобразователь с частотой **2,5 МГц**.

Высота сигнала от отражателя (отверстия диаметром 6мм) в эталонном образце СО-2, при котором вершина сигнала от дефекта находится на средней горизонтальной линии экрана дефектоскопа и равна 38 (дб)

Дефектоскоп нужно настроить на чувствительность 10 мм^2 для глубины контроля (расположения искомых дефектов) 90 мм.

Заданным значениям по диаграмме соответствует значение — 13.4 дб.

Минус означает, что чувствительность аттенюатора нужно **увеличить** (на 13.4 дб), и при этом Nx будет равно: Nx = No + Kdb = 38 — 13.4 = 24.6 дб.

Подробное описание расчета площади выявленного дефекта по графикам диаграммы SKH (Рис. 4)

Настройка ультразвуковой аппаратуры производится по стандартному эталону (образцу) СО-2.

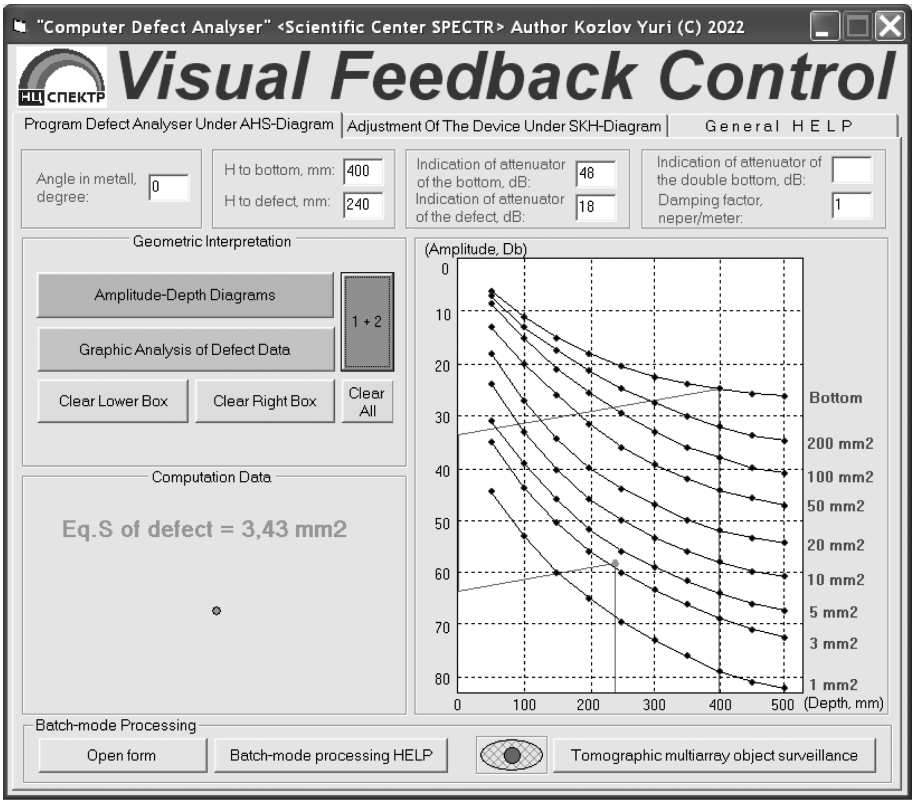


Рис. 1. Расчет площади дефекта по АРД–диаграмме.
В результате расчета получен «допустимый дефект» (с эквивалентной площадью S=3.43 mm^2)

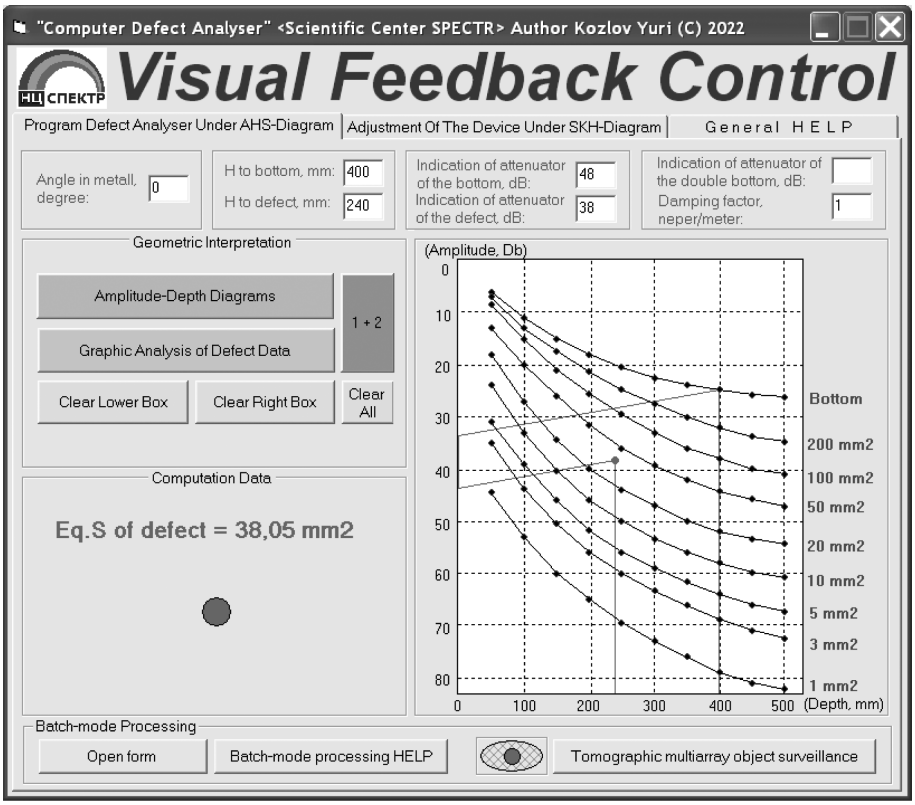


Рис. 2. Расчет площади дефекта по АРД–диаграмме.
В результате расчета получен «недопустимый дефект» (с эквивалентной площадью S=38.05 mm^2)

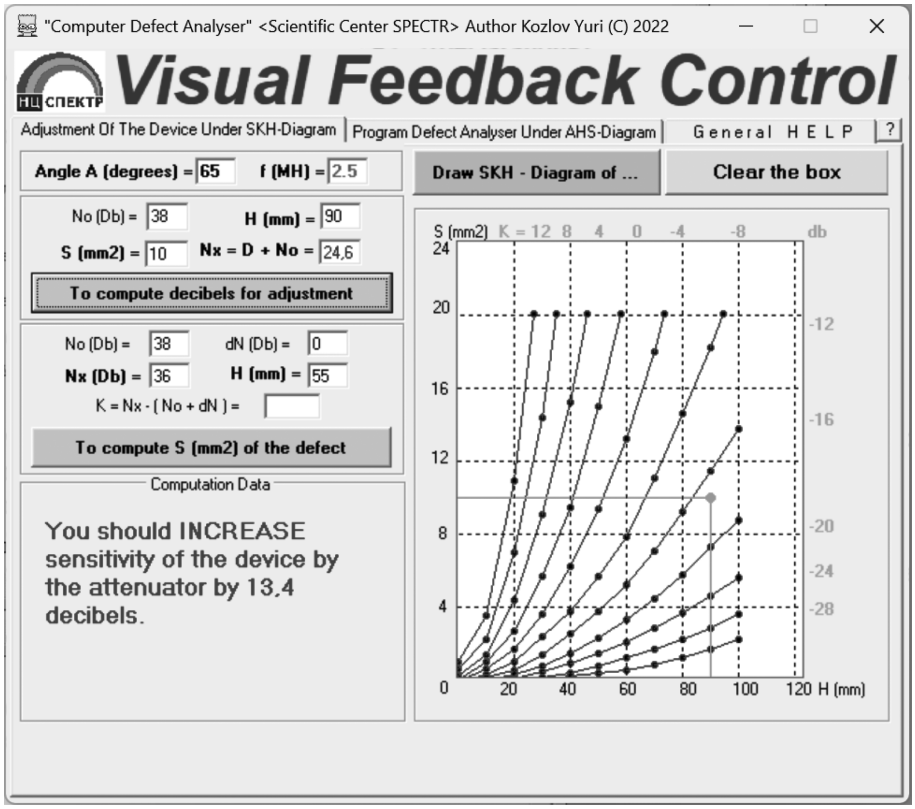


Рис. 3. Расчет настройки прибора с помощью диаграммы SKH

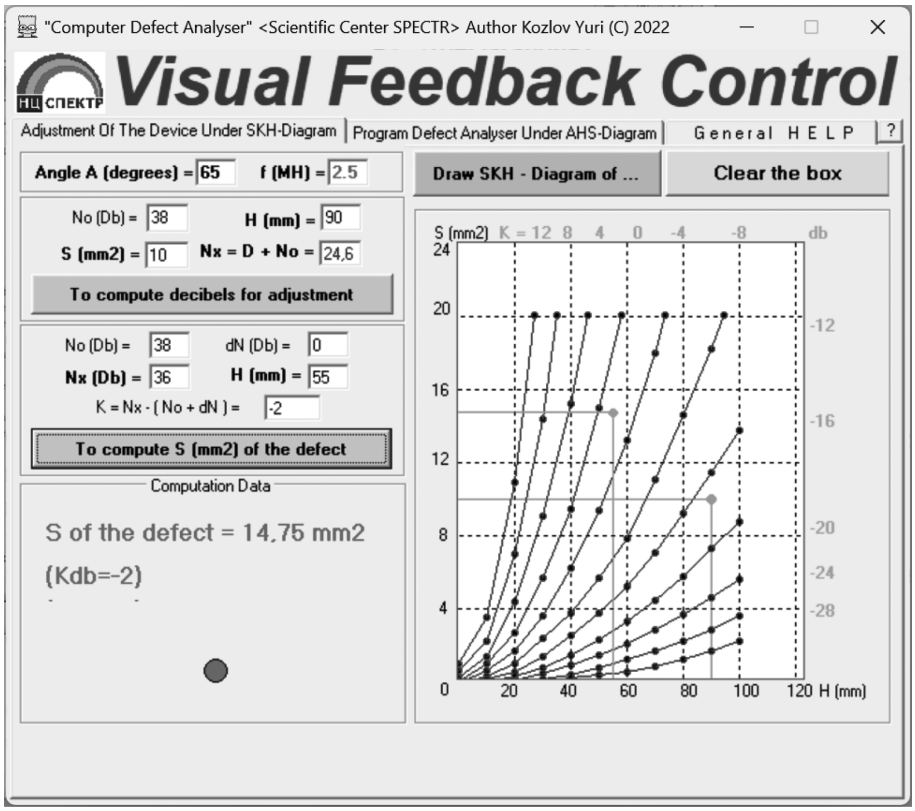


Рис. 4. Расчет площади дефекта по диаграмме SKH

Сравниваются амплитуды сигналов от отражателя (отверстия) в образце и от дефекта. Высота сигнала от отражателя (отверстия диаметром 6 мм) в эталоне (образце СО-2), при котором вершина сигнала от дефекта находится на средней горизонтальной линии экрана дефектоскопа и равна 38 (дб).

Дефект найден на глубине 50 мм. Высота сигнала от дефекта (показание на панели аттенюатора) равна 36 дб.

Определяем площадь дефекта.

Разность дб от отражателя в эталоне и от дефекта равна -2дб.

Получаем площадь дефекта 14.75 мм^2. При этом диаметр дефекта составит 3.84 мм^2.

При контроле глубин до 20 мм для более точной настройки аппаратуры и более точной оценки дефектов по существующим общим отраслевым рекомендациям, (что так же подтверждено автором исходя и из большого производственного опыта) рекомендовано использовать специализированные настроечные эталоны (образцы). В частности, «Образец для настройки чувствительности ультразвуковых приборов» [4] (Патент на изобретение № 2265209), «Эталон для настройки чувствительности ультразвуковых приборов» [5] (Патент на полезную модель № 42664).

Выводы

1. Преимущества настройки по АРД и SKH-диаграммам:

— повышение производительности сложных расчетов;
— нет необходимости в использовании невероятно большого количества сложных, дорогостоящих настроечных образцов;
— значительное уменьшение времени настройки УЗ аппаратуры;
— повышение достоверности вычислений при контроле больших глубин;

2. Автоматизация: 1) расчетов настройки приборов, 2) расчетов размеров/площади дефектов, 3) оценки дефектов повышает качество настройки приборов, расчетов дефектов, оценки дефектов, многократно повышает производительность, надежность, качество контроля. и, что очень важно, наглядность, уверенность контроля! минимизирует ошибки контроля, связанные с ручными расчетами настройки приборов и ручными расчетами размеров/площади дефектов и последующей ручной их оценки.

Автоматизация и полная визуализация расчетов дефектов и их оценки с мультипликацией алгоритма процесса настройки контролирующей аппаратуры делают расчетные операции наглядными, визуально контролируемыми и полностью исключают ошибки, связанные с человеческим фактором, которые часто возникают при выполнении сложных расчетных операций вручную, что исключительно важно (!), особенно при проведении контроля опасных производственных объектов, в том числе оборудования гидроэлектростанций (ГЭС)

Для справки

Экспериментальная часть, алгоритмы, программное обеспечение (разработка, отладка, тестирование), базы данных (ввод, хранение, обработка, выборки, тестирование) разрабатывались на основе программного обеспечения: Visual Studio, Android Studio, Система Управления Базами Табличных Данных (B2) [6], эксперименты по визуализации — freeWRL, на языках программирования: Visual C++, C#, Java, Visual Basic, Python, SQL, PHP, XML, WRL. Основное используемое оборудование: дефекто-

скопы УД2-70, стандартные образцы для ультразвукового контроля (эталоны) СО-1, СО-2, СО-3, СО-4, образцы (эталоны) для ультразвукового контроля, изготовленные по патентам на изобретение и полезную модель автора Козлова Ю.Н. №2265209, №42664, ПЭП: 0,40,50,65, толщиномеры УТ, компьютеры SONY, IBM, SAMSUNG, LENOVO, HUAWEI.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акт технического расследования причин аварии на Саяно-Шушенской ГЭС 17 августа 2009 года. [Электронный ресурс]: URL: https://ru.wikisource.org/wiki/Акт_технического_расследования_причин_аварии_на_Саяно-Шушенской_ГЭС_17_августа_2009_года (дата обращения: 02.12.2022)
2. Владимир Раичев. Авария на Саяно-Шушенской ГЭС: шесть лет со дня катастрофы. [Электронный ресурс]: URL: https://sro34.ru/prevention/avariya-na-sayano-shushenskoi-ges-shest-let-so-dnya-katastrofy.html (дата обращения: 03.06.2022)
3. Козлов Ю.Н. Компьютерный Анализатор Дефектов (КАД). Свидетельство РФ об официальной регистрации программы для ЭВМ №2004611317
4. Козлов Ю.Н. Патент на изобретение №2265209. Образец для настройки чувствительности ультразвуковых приборов
5. Козлов Ю.Н. Патент на полезную модель №42664. Эталон для настройки чувствительности ультразвуковых приборов
6. Козлов Ю.Н., Кишкин А.А. Система Управления Базами Табличных Данных (В2). Свидетельство РФ об официальной регистрации программы для ЭВМ №20046110088. Сибирский Государственный Аэрокосмический Университет им. академика М.Ф. Решетнева

© Козлов Юрий Николаевич (yuriyuri@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.20

УПРАВЛЕНИЕ ДОЗОЙ ОЗОНА И ЕГО КОНЦЕНТРАЦИЕЙ В ПРОЦЕССЕ ВОДОПОДГОТОВКИ

OZONE DOSE AND CONCENTRATION CONTROL DURING WATER TREATMENT

E. Korsa-Vavilova
E. Naumenko
V. Gibalov
V. Bozhko
A. Shmelev

Summary: The problem of obtaining water of a given quality is becoming more and more urgent every year and, unfortunately, a difficult task to solve, in view of the constantly changing «pollutants». The environmental situation creates new requirements for the technological filling of water treatment plants all the time. An important stage in the creation of the hardware design of the water treatment process is the prediction of the control system for this process in the future, and as a consequence, the formulation of algorithms for maintaining the operating modes of technological processes, because the continuous change in water flow, the multiplicity of contact pools and their remoteness create a lag effect and the impossibility of maintaining a given concentration by «conventional» («classical») control algorithms. The proposed control system, operating according to a fuzzy algorithm, made it possible to reduce the individual characteristics, non-linearly related to each other, of several dozens of discharge assemblies of ozone generation modules to maintain the nominal concentration of ozone with satisfactory accuracy.

Keywords: fuzzy algorithm, water treatment, contact pools, ozone generation module, hardware design.

Корса-Вавилова Елена Викторовна
генеральный директор,
ООО «Московские озонаторы», Россия, Москва,
korsa_elena@mail.ru
Науменко Эльвира Вячеславовна
доцент, Российский Технологический Университет — Московский Институт Радиоэлектроники и Автоматики, Россия, Москва,
Elvira.naumenko@yandex.ru
Гибалов Валентин Иванович
заместитель генерального директора, профессор,
ООО «Московские озонаторы», Россия, Москва,
gibalov@medozone.ru
Божко Виктор Иванович
доцент, Российский Технологический Университет — Московский Институт Радиоэлектроники и Автоматики, Россия, Москва,
stud2010@rambler.ru
Шмелев Алексей Ярославович
главный конструктор,
ООО «Московские озонаторы», Россия, Москва
shmelev.ay@mozo.ru

Аннотация: Проблема получения воды заданного качества с каждым годом становится все более актуальной и к сожалению, трудно решаемой задачей, в виду непрерывно меняющихся «загрязнителей». Экологическая ситуация создает все время новые требования к технологическому наполнению станций водоподготовки. Важным этапом в создании аппаратурного оформления процесса водоподготовки является прогнозирование системы управления процессом синтеза озона в дальнейшем, и как следствие, формулирование алгоритмов поддержания рабочих режимов технологических процессов синтеза озона, т.к. непрерывное изменение расхода воды, множественность контактных бассейнов и их удаленность создают эффект запаздывания и невозможность поддержания заданной концентрации «обычными» («классическими») алгоритмами управления. Предложенная система управления, работающая по нечеткому алгоритму, позволила свести индивидуальные характеристики, нелинейно связанные между собой, нескольких десятков разрядных сборок модулей генерации озона к удержанию номинальной концентрации озона с удовлетворительной точностью.

Ключевые слова: нечеткий алгоритм, водоподготовка, контактные бассейны, модуль генерации озона, аппаратурное оформление.

Для более качественного управления концентрацией озона был выбран алгоритм нечеткого управления, основанный на нечеткой логике. Указанный алгоритм используется для принятия решений в расплывчатых условиях (оригинальные, не относящиеся к вероятностным, неопределенности), которые Р, Белманн и Л. Заде описали в своей статье [1]. Эти неопределенности были названы нечеткими. Применение нечетких моделей в течении более 30 лет, позволили отработать алгоритмы, которые обладают не только лингвистической информацией (правилами) от экспертов, но и могут адаптироваться, используя численные данные (пары входных, выходных значений) для достижения наилучших характеристик управления. В процессе решения перечисленных выше задач, указанный алгоритм позволил при наличии нечетких знаний об объекте регулирования, связанных прежде всего с запаздыванием между управляющим воздействием (изменение производительности генераторов озона) и изменением значения целевого параметра — дозы озонирования,

получить более качественное регулирование концентрацией озона в контактных бассейнах, что обеспечило более высокое качество воды.

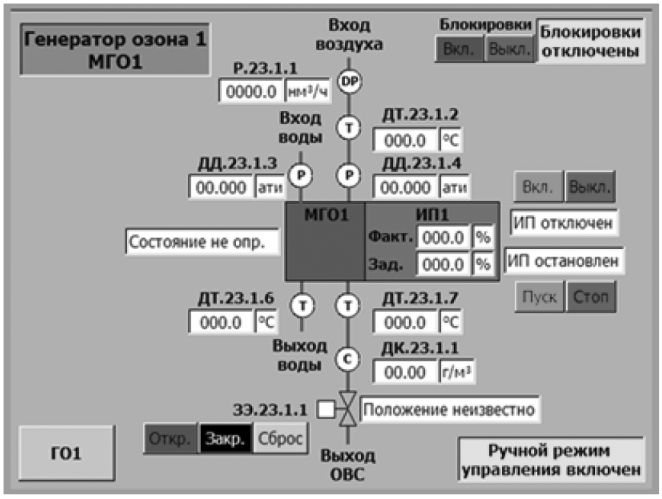


Рис. 1. Структура и мнемосхема одного модуля озонирования генератора озона ОУ-25 с источником питания

Результаты применения алгоритма нечеткой логики для поддержания дозы озона в непрерывно изменяющемся расходе воды в каждом бассейне были опубликованы ранее [2].

Данный алгоритм управления был реализован на двух станциях водоподготовки, Рублевской и Западной, г. Москва. При работе этого алгоритма расход озоно-воздушной смеси также непрерывно изменялся и поддержание установленной концентрации озона было сложной задачей. Источником озона на указанных станциях были озонаторы, типа ОУ-25, производительностью 25 кг озона в час: На Западной станции было установлено 3 генератора, на Рублевской — 4. Условно, каждый генератор состоял из 16 отдельных озонаторов, каждый из которых управлялся независимо. Структура и информационный массив каждого из озонаторов понятен из Рисунка 1, на котором приведена мнемосхема отдельного модуля озонирования, являющейся одним из «экранов» системы управления блоком озоносорбции. Переменный расход воздуха в тракте озоно-воздушной смеси приводил к необходимости ввода или вывода в работу указанных «единичных» озонаторов для обеспечения требуемой производительности системы по озону и регулировки производительности каждого из них. Максимально в системе управления могло находится 64 озонатора.

Функциональная связь производительности отдельного озонатора с вводимой в озонатор мощностью, во-первых, была индивидуальна для каждого из них и нелинейна — Рисунок 2. Максимальная энергетическая эффективность синтеза озона при такой характеристике достигается при минимальной его концентрации. Более того, рост вложенной энергии увеличивает выход озона до определенной величины, а далее концентрация озона падает вплоть до нуля. Все перечисленное дает предпосылку для постановки и решения задачи управления концентрацией озона.

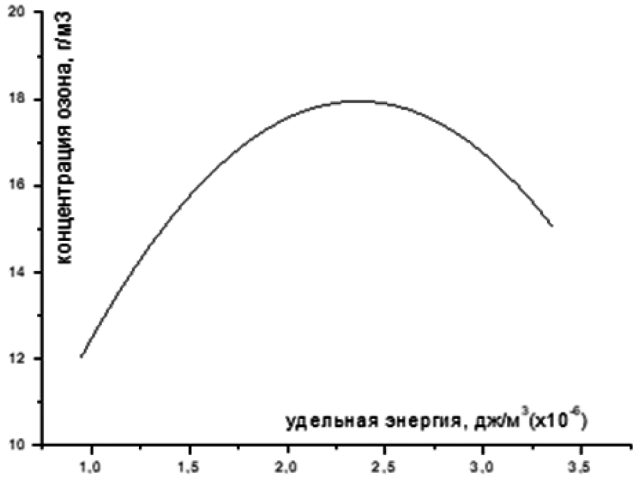


Рис. 2. Типичная «кинетическая» озонатора ОУ-25

Свойства нечетких моделей использовать экспертную лингвистическую информацию и адаптироваться, используя численные данные, к реальной ситуации для достижения наилучших характеристик, а так же их преимущества над нейронными сетями, которые не могут нести лингвистическую информацию непосредственно стали предпосылкой для создания системы управления на их основе [3].

Нечеткие экспертные системы учитывают неопределенность, дают возможность моделировать рассуждения на основе здравого смысла, что весьма сложно сделать с помощью обычных систем. Таким образом, основной целью введения нечеткой логики является создание аппарата, способного моделировать человеческие рассуждения и применять человеческие приемы принятия решений в ходе решения различных задач. Лингвистические переменные, использующиеся в теории нечетких множеств, также как обычные переменные могут принимать различные лингвистические значения [4]. Однако, в случае технической реализации в качестве входных и выходных сигналов выступают измеряемые величины, которые однозначно сопоставляют входным значениям соответствующие выходные значения. Для обеспечения взаимодействия множеств этих двух видов вводится нечеткая система с так называемыми фаззификатором (преобразователем множества входных данных в нечеткое множество) на входе и дефаззификатором (преобразователем нечетких множеств в конкретное значение выходной переменной) на выходе [5]. Существует достаточное количество промышленных объектов, характеризующихся существенной нелинейностью, и, зачастую, отсутствием приемлемой

аналитически заданной модели. Если некоторые процессы объекта управления плохо поддаются формализации и математическому описанию, то в существующей системе управления используют регулятор нечёткой логики параллельно традиционному регулятору, т.е. нечеткая логика используется для замены традиционных алгоритмов управления и совместно с ними. Экспериментально показано, что нечеткое управление дает лучшие результаты, по сравнению с результатами, получаемыми при классических алгоритмах управления. Очевидной областью внедрения алгоритмов нечеткой логики являются всевозможные экспертные системы, в том числе, нелинейный контроль и управление в производстве [6].

Для получения математической модели алгоритма нечеткого управления концентрацией озона в системе синтеза озона вводились базовые терм-множества входных и выходных лингвистических переменных, и использовалась система нечеткого вывода на основе нечетких лингвистических высказываний в форме «β_i есть τ_{T_j}». Соответственно, база правил управления концентрацией озона в каждом модуле озонирования записывается в виде многомерной матрицы $\|L_{iklr}\|$.

Под концентрацией озона понималось весовое количество озона в единице «нормального» объема воздуха. Алгоритм управления концентрацией озона мог находиться в двух состояниях:

— алгоритм нечеткого управления — поддержание требуемой концентрации;
— алгоритм аварийного состояния. Последний включался при достижении системой синтеза озона предельно допустимой производительности по озону, когда для поддержания дозы озона требовалась производительность СИСТЕМА СИНТЕЗА ОЗОНА выше существующих возможностей.

Ситуация с превышением предельно допустимой производительности по озону выше технических возможностей СИСТЕМА СИНТЕЗА ОЗОНА возникала при недостаточной производительности по озону системы синтеза озона. Например, в случае выведения генераторов озона на регламентное обслуживание производительность СИСТЕМА СИНТЕЗА ОЗОНА уменьшалась, и концентрация озона в газовом тракте при достаточно большом расходе озоно-воздушной смеси снижалась. В этом случае поддержание номинальной концентрации озона в озоно-воздушной смеси становилось невозможным, и система устанавливала концентрацию озона, которая получалась. Как правило, указанный режим — аварийный, возникал крайне редко и основным режимом работы системы синтеза озона был режим поддержания концентрации озоны, то есть реализовывался созданный алгоритмом нечеткого управления концентрацией озона на основе классического принципа управления по отклонению и методов нечеткого управления.

Номинальная концентрация озона в потоке воздуха C устанавливалась при пусковых или регламентных работах в соответствии с актуальным состоянием оборудования блока озонирования. Входные переменные — расход воздуха (q_i) в *i*-ом модуле озонирования, измерялись непрерывно. Полный расход воздуха Q_i через систему синтеза озона определялся как сумма расходов через работающие модули

$$Q_i = \sum g_i, \quad (1)$$

где g_i — расход воздуха (q_i) в *i*-ом модуле озонирования.

Помимо номинальной концентрации озона устанавливалась номинальная производительность модуля озонирования *P*, которая определялась при пусковых или регламентных работах в соответствии с актуальным состоянием оборудования блока озонирования.

Текущая концентрация озона на выходе из каждого модуля озонирования измерялась непрерывно. Производительность каждого модуля рассчитывалась в соответствии с

$$P_i = c_i \cdot q_i \quad (2)$$

где c_i — текущая концентрация озона на выходе из *i* модуля озонирования

А общая производительность системы синтеза озона «по озону» находилась как сумма производительностей каждого модуля

$$P^0 = \sum p_i. \quad (3)$$

Кроме того, требуемая общая производительность (*P*) определялась как произведение общего расхода воды во всех работающих бассейнов на установленную дозу озона. Последняя величина определяет нужное количество модулей озонирования, которые необходимо ввести в работу, «*n*».

$$n = \frac{P}{p} + 1. \quad (4)$$

При очередном включении системы с новым заданием, ожидаемый общий расход воды вводится оператором. По введенной величине расхода воды и дозе озонирования определяется требуемое количество работающих модулей озонирования в соответствии с (4). При работающем блоке озонирования, изменение расхода воды приводит к изменению расхода озоно-воздушной смеси. Алгоритм управления системой синтеза озона для поддержания номинальной концентрации озона управляет мощностью источников питания всех введенных в работу модулей озонирования. При достижении границ зоны регулирования мощности ис-

точников питания, как нижней, так и верхней, АСУ системы синтеза озона проводит операцию введения или выведения в/из работы определенного числа модулей озонирования. Такая ситуация предусматривалась алгоритмом управления и производилась автоматически системой управления.

Поддержание концентрации озона в озоно-воздушная смесь является вторым из двух основных технологических стадий процесса озонирования питьевой воды на станциях водоподготовки. Этот технологический процесс относится к сложным многосвязным системам и основан на следующем представлении об его алгоритме:

1. Поддержание концентрации озона в озоновоздушной смеси связано с управлением электрической мощностью модулей генерации озона, которое, в свою очередь, основывается на измерении следующих параметров, связанных с каждым модулем: расход воздуха и воды, температур воды и воздуха на входе и выходе из модуля, концентрации озона, регулирование электрической мощности источников.
2. Для эффективного проведения процесса необходимо обеспечивать требуемую производительность суммарно по всем работающим модулям путем ступенчато-непрерывного управления количеством модулей и их общей электрической мощностью.

Потоки параметрической и управляющей информации, относящихся к каждому модулю генерации озона и всем генераторам озона ОУ-25 в целом по станции приведены на Рисунках 1 и 2.

Необходимо отметить, что каждый модуль генерации озона содержал 4 сборки по 15 штук электродов. Электропитание каждой сборки осуществлялось отдельным источником питания. То есть один МГО включал в свой состав 4 источника питания.

В общем виде математическая модель процесса поддержания концентрации озона представляла собой систему линейных дифференциальных уравнений, которая связывала вектор параметров состояний с вектором управляющих воздействий и вектором возмущающих воздействий. Кроме того, математическая модель включала также линейные уравнения, которые связывали вектор выходных (наблюдаемых) переменных с вектор параметров состояний и вектором возмущающих воздействий.

Так как каждый модуль генерации озона являлся независимым объектом управления (за исключением того, что модуля собирались по 4 штуки в генератор озона ОУ-25 с объединенными водяными и воздушными коллекторами), то математические модели создавались для модуля и были независимые друг от друга. Система управления синтезом озона объединяла все модули и генераторы озона в единую систему.

Автоматизированная система управления синтезом озона, помимо главной функциональной цели этой системы — поддержание номинальной концентрации озона в потоке озоно-воздушной смеси, обеспечивала рутинные операции: управление газовой и водяной арматурой на соответствующих коллекторах, съем параметров «вне» функционально предназначенности, обмен данными с диспетчерским уровнем и уровнем местных постов управления бассейнов, обслуживание системы озонобезопасности и т.д. Поле параметров локальной систему управления синтезом озона насчитывала более двух тысяч тэгов. Но для реализации нечеткого алгоритма управление требовалось меньше данных. Все пространство переменных, необходимых для функционирования нечеткого алгоритма управления для каждого бассейна, было разбито на несколько векторов:

Вектор параметров состояний, $x(P_{j1}, F_j, c, T_{j1}, C_j)$, компонентами которого являлись следующие параметры:

— P_{j1} — давление воздуха на входе в *j*-ый модуль;
— F_j — расход воздуха на входе в *j*-ый модуль;
— c — номинальная концентрация озона;
— T_{j1} — температура воздуха на входе в *j*-ый модуль;
— C_j — концентрация озона на выходе из *j*-ого модуля;

Размерность вектора параметров состояния **5 x 1**.

Вектор управляющих воздействий, $u\left(t_j^i\right)$=, компонентами которого являлись следующие параметры:

t_j^i — электрическая мощность источника питания: «*i*-ой» сборки электродов в *j*-ом модуле озонирования.

Вектор выходных (наблюдаемых) переменных, $y(P_{j2}, T_{j2}, T_{j3}, T_{j4})$, компонентами которого являлись следующие параметры:

— P_{j2} — давление воды в контуре охлаждения на входе в *j*-ый модуль;
— T_{j2} — температура ОЗОНО-ВОЗДУШНАЯ СМЕСЬ на выходе из *j*-ого модуля;
— T_{j3} — температура воды на входе в *j*-ый модуль;
— T_{j4} — температура воды на выходе из *j*-ого модуля;

Размерность вектора наблюдаемых переменных 4 x 1.

Указанные вектора состояний и управляющих воздействий связаны между собой системой дифференциальных и алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} \dfrac{dx}{dt} = Ax(t) + Bu(t) + Gr(t) \\ y(t) = Cx(t) + Du(t) \end{cases} \quad (5)$$

Где матрицы A [5×5], B [5×4], G [5,4], C [4×5], D[4×4], которые определяются на основе параметров математической модели процесса поддержания номинальной концентрации озона в потоке озоно-воздушной смеси для каждого модуля, записанной в физических переменных вход-выход.

Актуальные и номинальные значения входных переменных устанавливались на основе технологического регламента, технических условий работы оборудования системы синтеза озона и оператором:

— актуальная величина давления P_{j1} на входе в модуль непрерывно измеряется.
— актуальная величина температуры воздуха — T_{j1} на входе в модуль непрерывно измеряется.
— актуальная величина расхода воздуха на входе в модуль — F_j на входе в бассейн непрерывно рассчитывается в соответствии с соотношениями 6.
— номинальная концентрация озона определяется состоянием оборудования и устанавливается при проведении регламентных работ и по указанию;
— актуальная концентрация озона на выходе из модуля C_j непрерывно измеряется;
— актуальная величина T_{j2} — температура озоно-воздушной смеси на выходе из *j*-ого модуля непрерывно измеряется;
— актуальная величина T_{j3} — температура воды на входе в *j*-ый модуль непрерывно измеряется;
— актуальная величина T_{j4} — температура воды на выходе из *j*-ого модуля непрерывно измеряется;
— актуальная величина — P_{j2} — давление воды в контуре охлаждения на входе в *j*-ый модуль непрерывно измеряется;

Математическая модель (5), создавалась для каждого модуля и аддитивно дополнялись для всех работающих модулей. Формирование матриц в математической модели (5) требовало проведения экспериментов и соответствующих алгоритмов для идентификации параметров модели в реальных условиях, при работающей системе синтеза озона. Это невозможно сделать в полном объеме с приемлемой точностью, описать все протекающие процессы и идентифицировать законы управления и их параметры для соответствующей системы управления с заданной точностью в реальном времени. По этой причине были применены новые интеллектуальные методы управления, основанные на нечеткой логике и искусственных нейросистемах [6]. Синтез этих управляющих алгоритмов, в том числе, алгоритм нечеткого управления, был применены для обеспечения максимальной эффективности работы системы синтеза озона для поддержания номинальной концентрации озона в потоке озоно-воздушной смеси.

Идея алгоритма нечеткого управления заключается в том, что поле численных параметров, с которыми работает локальная автоматическая система синтеза озона, делится на некоторые группы, в которых отклонение параметров от номинальных значений можно характеризовать словами: близко к номиналу, больше номинала и т.д. То есть, для синтеза алгоритма нечетного управления процессом поддержания концентрации озона в тракте озоно-воздушной смеси вводились входные лингвистические переменные β^j_{Xi}, характеризующие состояние процесса, и выходные β^j_{Ui}, являющиеся управляющими воздействиями.

Входные лингвистические переменные β^j_{Xi}, характеризующие состояние процесса, и выходные β^j_{Ui}, являющиеся управляющими воздействиями.

Входные лингвистические переменные

$$\beta^j_{Xi} = \left\{P_{j1}, F_j, c, T_{j1}, C_j\right\}. \quad (6)$$

Выходные лингвистические переменные

$$\beta^j_{Ui} = \left\{t^i_j\right\}. \quad (7)$$

Входные лингвистические переменные имеют по пять базовых терм-множеств, T_x на множестве параметров состояний {*X*} или:

— «значительно ниже номинального значения» — $N_{x\min}$,
— «ниже номинального значения» —N_x,
— «номинальное значение» — Z_x,
— «выше номинального значения» — P_x,
— «значительно выше номинального значения» — $P_{x\max}$

$$T_x = \left\{N_{x\min}, N_x, Z_x, P_x, P_{x\max}\right\}. \quad (8)$$

Выходные лингвистические переменные также имеют пять базовых терм-множеств T_U на множестве управляющих воздействий {*U*} или

— «уменьшить значительно», $N_{u\min}$
— «уменьшить», N_u
— «не изменять», Z_u
— «увеличить», P_u
— «увеличить значительно» $P_{u\max}$

$$T_u = \left\{N_{u\min}, N_u, Z_u, P_u, P_{u\max}\right\}. \quad (9)$$

Для определения значения терма T_x, на множестве параметров состояний вводится функция принадлежности $\mu_{X(U)}$, которая градуирует принадлежность того

или иного параметра состояний пяти базовым элементам терм-множеств, T_x. Градации параметров состояний по термам (9), то есть определение функции принадлежности $\mu_{X(U)}$, выбирались на основании экспертных оценок и уточнялись в процессе работы программы.

Логика работы алгоритма нечеткого управления подразумевает формулирование связи между лингвистическими значениями термов параметров состояний T_x и лингвистическими значениями выходных термов T_U на множестве управляющих воздействий $\{U\}$. Этот процесс называется «система нечеткого вывода (СНВ)» и, строго, строится на основе лингвистических высказываний в форме «β_i есть τ_{T_j}», где $\beta_i \in \beta^j_{Xi} \cup \beta^j_{Ui}$, $\tau_{T_j} \in T_x \cup T_u$ и содержит правила нечетких продукций, которые можно представить в следующем обобщенном виде [3]:

$$\text{ЕСЛИ } «\beta^j_{X1} \text{ есть } \tau_{T_x 1}» \text{ ОП } \ldots \text{ ОП } «\beta^j_{X7} \text{ есть } \tau_{T_x 5}»$$
$$\text{ТО } «\beta^j_{U1} \text{ есть } \tau_{T_u 1}» \text{ ОП } «\beta^j_{U2} \text{ есть } \tau_{T_u 2}» \text{ ОП } «\beta^j_{U3} \text{ есть } \tau_{T_u 5}» \quad (10)$$

где ОП — некоторая из бинарных операций нечеткой конъюнкции «И» («$\wedge$») или нечеткой дизъюнкции «ИЛИ» («$\vee$»); τ_{Tj} — отдельный терм лингвистической переменной β_i. Другими словами, каждому терму параметров состояний T_x («значительно ниже номинального значения» — $N_{x\,\min}$, «ниже номинального значения» — N_x, «номинальное значение» — Z_x, «выше номинального значения» — P_x, «значительно выше номинального значения» — $P_{x\,\max}$) ставился соответствующий терм на множестве управляющих воздействий T_U («уменьшить значительно», «уменьшить», «не изменять», «увеличить», «увеличить значительно»).

Таблица1.

База правил управления концентрацией озона C_j в *j*-ом модуле озонирования

	z^1_j	z^2_j	z^3_j	z^4_j
$N_{x\min}$	$P_{u\max}$	$P_{u\max}$	$P_{u\max}$	$P_{u\max}$
N_{dj}	P_u	P_u	P_u	P_u
Z_{dj}	Z_u	Z_u	Z_u	Z_u
P_{dj}	N_u	N_u	N_u	N_u
$P_{x\max}$	$N_{u\min}$	$N_{u\min}$	$N_{u\min}$	$N_{u\min}$

В общем случае базу правил управления работой j-го модуля генерации озона представлялась в виде матрицы $\|L_{klr}\|$ размерности $5 \times 5 \times 4$ [4], где *k* — количество (число) входных лингвистических переменных, l — количество базовых терм-множеств входной лингвистической переменной, r — количество выходных лингвистических переменных. Соответственно база правил управления всей СИСТЕМА СИНТЕЗА ОЗОНА является простой суммой матриц $\|L_{iklr}\|$, то есть для Рублевской водопроводной станции, на которой установлено 4 генератора озона, в каждом из которых 4 модуля генерации это сумма из 16 указанных матриц.

Например, база правил управления концентрацией озона C_j в *j*-ом модуле озонирования, которая определяется на основе данных, полученных во время пуско-наладочных работ — типа кривой, приведенной на Рисунке 2, представляется в виде матрицы размерности 5×4, элементами которой являются терм-множества T_U — Таблица 1.

На Рисунках 3, 4 представлены созданные для Западной станции водоподготовки АО «Мосводоканал» г. Москвы (проектировщик ООО «Москозоно-воздушная смеськие озонаторы») мнемосхемы управления участком синтеза озона. Штатным режимом работы указанной системы является автоматический. По этой причине состояние агрегатов и параметрическая информация, представленная на этих мнемосхемах, является информационным материалом, на основании которой диспетчер всей станции водоподготовки может в деталях отследить работу узла озоно-сорбции, в том числе, поддержание номинальной концентрации озона в потоке озоно-воздушной смеси.

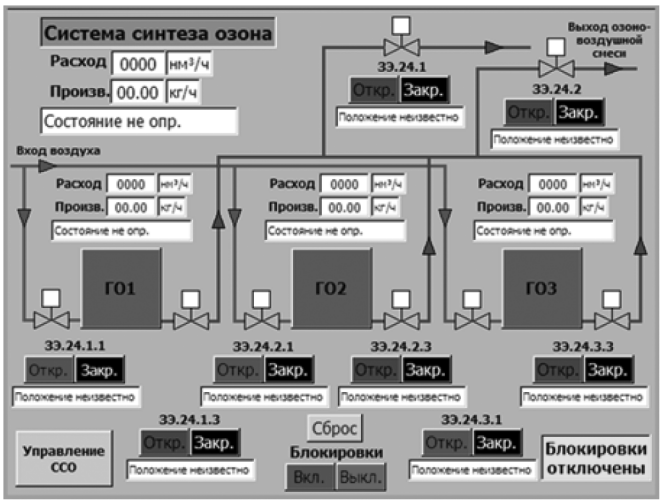


Рис. 3. Структура и мнемосхема системы синтеза озона

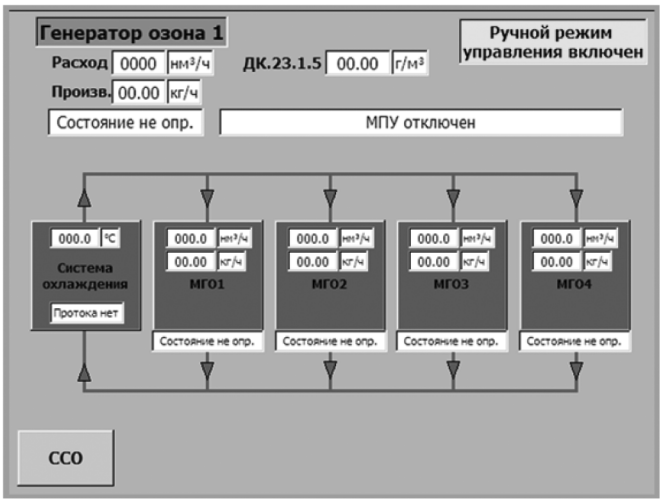


Рис. 4. Структура и мнемосхема отдельного генератора озона ОУ-25. МГО*j* — *j*-й модуль ГО

При необходимости (аварийная ситуация, регламент по графику и т.д.) автоматическая работа системы СИСТЕМА СИНТЕЗА ОЗОНА может быть остановлена как в целом, так и отдельными частями: например, один или несколько модулей озонирования или генераторов озона в целом могут быть выведены из работы. В последнем случае, авторизованный специалист с помощью этих мнемопанелей может управлять отдельными узлами системы. Это позволяет проводить регламентные, ремонтные и пуско-наладочные работы, не останавливая основной технологический процесс.

Вся информация, представленная на мнемосхемах, архивируется в журналах событий и параметрической информации. В журнале событий прежде всего фиксируются аварийные состояния того или иного узла системы и время формирования этого состояния. Событием также являются включения/выключение узлов, переведение задвижек трубопроводов в то или иное состояние и т.п. В журнале параметрической информации фиксируется вся цифровая информация системы в том числе данные контрольно измерительных приборов. Данные этих журналов позволяют разобраться в случае возникновения нештатных ситуация, проанализировать работу элементов системы, а также выполнение основного предназначения системы — поддержание номинальной концентрации озона в потоке озоно-воздушной смеси.

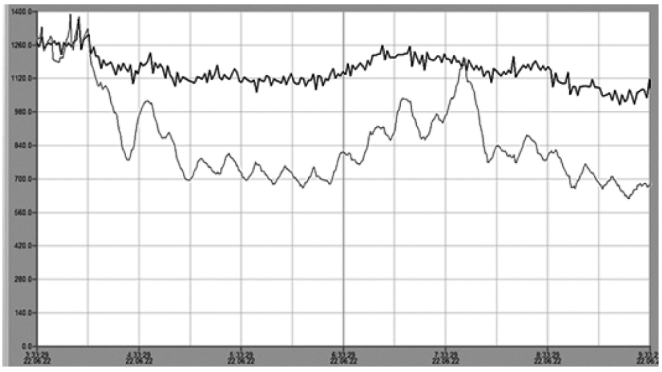


Рис. 5. Временные диаграммы параметров модуля генерации озона: расход озоно-воздушной смеси через генератор озона, м³/час — черная линия; мощность отдельной сборки электродов, проценты — синяя линия (вся шкала — 100 %)

В качестве примера, на Рисунке 6 приведены данные выборки из журнала параметрической информации двух параметров: расхода озоно-воздушной смеси через генератор озона, в котором установлены 4 модуля генерации озона и общая электрическая мощность потребляемая одним из модулей. За 6 часов работы, представленном на этом графике, расход озоно-воздушной смеси изменяется в пределах 15–20 %: от начального уровня в 1300 м³/час в течение часа уменьшается до величины 1100 м³/час; затем медленно растет до 1200 м³/час и к концу представленной диаграммы падает до минимальной величины в 950 м³/час. Для поддержания номинальной концентрации озона АСУ системы синтеза озона, используя нечеткий алгоритм, в конечном счете, меняла электрическую мощность, потребляемую модулями генерации озона. Общее число таких модулей, установленных на Рублевской станции водоподготовки рано 16, в каждом из которых 4 источника питания. То есть, работа нечеткого алгоритма по поддержанию номинальной концентрации озона сводилась к индивидуальному управлению до 64 блоков питания.

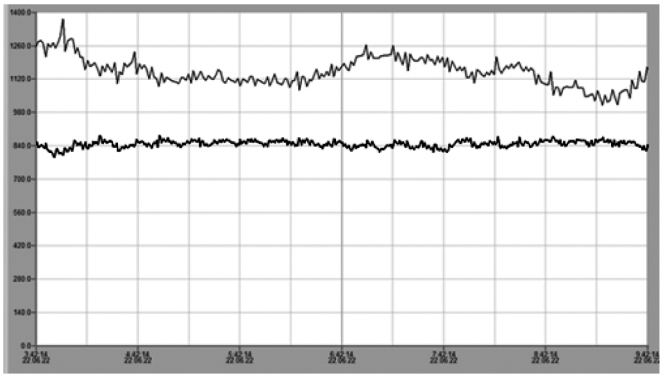


Рис. 6. Временные диаграммы параметров модуля генерации озона (МГО): расход озоно-воздушной смеси через генератор озона, м³/час — черная линия; концентрация озона на выходе из модуля генератора озона — синяя линия (вся шкала — 20 г/м³),

Так как связь между электрической мощностью сборки электродов и выходной концентрации, во-первых, индивидуальна для каждой из 64 сборки электродов, во-вторых — нелинейная. По этой причине, реакция АСУ на изменение потока озоно-воздушной смеси для отдельной сборки электродов выглядит достаточно сложной — Рисунок 5, синяя линия, — полиэкстремальная кривая, которая в тоже время в среднем отслеживает изменение расхода озоно-воздушной смеси. Концентрация озона при этом удерживается на номинальном уровне с вполне удовлетворительной точностью — Рисунок 6: на данном рисунке номинальная концентрация озона равнялась 12.0 г/м³ .

Таким образом, индивидуальные характеристики, нелинейно связанные между собой, нескольких десятков разрядных сборок модулей генерации озона сводились системой управления, работающей по нечеткому алгоритмом управления, к удержанию номинальной концентрации озона с более чем удовлетворительной точностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях. М: Мир, 1976. — С. 172–215
2. Корса-Вавилова Е.В., Науменко Э.В., Шмелев А.Я., Гибалов В.И., Божко В.И. Алгоритм управления дозой озонирования воды на водопроводных станциях Вестник СПГУТД. Серия 1, № 1, 2022. С. 130–134 с.
3. Беляев А.Н. Проектирование адаптивных автоматических регуляторов возбуждения мощности синхронных генераторов методами нейро-нечеткой идентификации, Санкт-Петербургский государственный технический университет, диссертация на соискание ученой степени к.т.н., 2020, 204 с.
4. Спицын В.Г. Разработка экспертных систем на основе нечетких правил вывода, Издательство ТПУ Томск 2011, 33 с.
5. Осовский С. Озоно-воздушная смесь. Нейронные сети для обработки информации. М.: Финансы и статистика, 2004. — 343 с.
6. Хижняков Ю.Н. Алгоритмы нечеткого, нейронного и нейро-нечеткого правления в системах реального времени: учеб. пособие. Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013 — 160 с.

© Корса-Вавилова Елена Викторовна (korsa_elena@mail.ru); Науменко Эльвира Вячеславовна (Elvira.naumenko@yandex.ru);
Гибалов Валентин Иванович (gibalov@medozone.ru); Божко Виктор Иванович (stud2010@rambler.ru); Шмелев Алексей Ярославович (shmelev.ay@mozo.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.21

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОБРАБОТКИ ВОДЫ ОЗОНОМ

DETERMINATION OF OPTIMAL TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF WATER TREATMENT WITH OZONE

E. Korsa-Vavilova
E. Naumenko
V. Gibalov
V. Bozhko
A. Shmelev

Summary: The urgency of the problems of drinking water treatment in order to achieve the required regulatory indicators, the expansion of the list of controlled water quality indicators by regulatory authorities with the tightening of existing standards for the preparation of drinking water, the low efficiency of the («traditional») technologies used for water purification in modern environmental conditions, the physical deterioration of existing facilities led to the need to search and develop new technological solutions in areas of water treatment — the use of ozone for its disinfection. However, when designing new or upgrading old water treatment plants, the assessment of the required performance of ozone sources is a fundamental issue. Ozone production is an energy-intensive process; in addition, the hardware design of ozone technologies is also costly. For these reasons, the performance of the ozone source and, accordingly, the cost of its creation and maintenance in many cases is a fundamental point.

Keywords: water treatment, ozone technology, ozone source performance, gross kinetics, reaction efficiency, kinetic parameters.

Корса-Вавилова Елена Викторовна
генеральный директор,
ООО «Московские озонаторы», Россия, Москва
korsa_elena@mail.ru
Науменко Эльвира Вячеславовна
Российский Технологический Университет — Московский Институт Радиоэлектроники и Автоматики, доцент, Россия, Москва
Elvira.naumenko@yandex.ru
Гибалов Валентин Иванович
Проф., заместитель генерального директора,
ООО «Московские озонаторы», Россия, Москва
gibalov@medozone.ru
Божко Виктор Иванович
Российский Технологический Университет — Московский Институт Радиоэлектроники и Автоматики, доцент, Россия, Москва
stud2010@rambler.ru
Шмелев Алексей Ярославович
ООО «Московские озонаторы»,
главный конструктор, Россия, Москва
shmelev.ay@mozo.ru

Аннотация: Актуальность проблем обработки питьевой воды для достижения требуемых нормативных показателей, расширение перечня контролируемых показателей качества воды со стороны регулирующих органов с ужесточением существующих нормативов подготовки питьевой воды, низкая эффективность применяемых («традиционных») технологий для очистки воды в современных экологических условиях, физический износ существующих сооружений привели к необходимости поиска и разработки новых технологических решений в области водоподготовки — применения озона для ее обеззараживания. Однако, при проектировании новых или модернизации старых станций водоподготовки, принципиальным вопросом является оценка требуемой производительности источников озона. Производство озона является энергоемким процессом; кроме того, аппаратурное оформление озонных технологий также затратно. По этим причинам производительность источника озона и, соответственно, стоимость его создания и обслуживания во многих случаях является принципиальным моментом в выборе той или иной технологии обработки воды. Применение озона в технологиях водоподготовки требует расчета производительности генератора озона для каждого конкретного случая, основываясь на серии предварительных экспериментов. Однако, есть и другое решение, которое позволяет использовать математическую модель, в которую входят некоторые кинетические параметры обработки воды озоном, по которым оценивается уровень технологической потребности озона на основе стандартных анализов воды.

Ключевые слова: водоподготовка, озонная технология, производительность источника озона, брутто-кинетика, эффективность реакции, кинетические параметры.

Введение

Сегодня актуальной проблемой для всего человечества является водоподготовка: очистка, с целью получения пригодной для употребления воды. По данным ВОЗ, меньше 1 % источников хозяйственного водоснабжения не требует дополнительно водоподготовки, а именно очистки. Все остальные источники требуют тщательной очистки и подготовки воды. Отдельным пунктом является обеззараживание, так как в противном случае велик шанс получить всевозможного рода заболевания.

По прогнозам учёных, запасы пресной воды на планете уже заканчиваются. Исследования показали, что к 2025 году практически половина государств Земли начнут ощущать нехватку пресной воды, а к 2050 году приблизительно 75 % населения нашей планеты ее не будет хватать [3].

Особенности применения озона в технологиях водоподготовки разбирались нами ранее, и там же показывалось, что оценка требуемой производительности источника озона в каждом конкретном случае может быть сделана проведением соответствующих экспериментов [1,2].

В то же время, при наличии некоторых кинетических параметров эта задача может быть решена на уровне обработки обычных анализов воды, которую нужно обработать. Точно эту задачу решить затруднительно, так как список загрязнителей воды, их комбинации огромен, технологические особенности обработки воды в каждом случае также вносит свои сложности в попытки решить генеральную задачу расчета кинетики обработки воды озоном. Тем не менее, можно попытаться получить некоторые кинетические параметры обработки воды озоном, которые не претендуют на точное описание этого процесса, но позволяют оценить уровень технологической потребности озона на основе стандартных анализов воды.

Материалы и методы

Для получения некоторых кинетических параметров была создана математическая модель процесса обработки воды, параметры которой определялись на основе обработки результатов экспериментов [1, 2]. Результаты этих экспериментов приведены в цитированных работах. Основой модели были уравнения бруттокинетики — уравнения действующих масс. Под бруттокинетикой понимается описание списка реакций и/или физико-химических превращений каждого из показателей качества воды в результате воздействия озона несколькими коэффициентами, а именно: k_i и α_i. Константа k_i описывает общее снижение концентрации озона, которое может быть вызвано списком реакций, а параметр α_i — эффективность реакции.

Система уравнений созданной модели, в соответствии, с законом действующих масс, выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} \dfrac{dn_i}{dt} = -\alpha_i \cdot k_i \cdot n_i \cdot O_3 \\ \dfrac{dO_3}{dt} = -\Sigma k_i \cdot n_i \cdot O_3 \end{cases} \quad (1)$$

где:

α_i — параметр, описывающий сколько молей компонента, окисляется при обработке одним молем озона;

k_i — константа скорости снижения концентрации озона при реакции с «*i*-ым» компонентом.

n_i — значение мольной доли соответствующего компонента

В соответствии с законом действующих масс константы скорости — k_i, являются функциями температуры и не зависят от концентрации компонент.

Система уравнений (1) существенная не линейна, так как неизвестные — (n_i и O_3), входят в уравнения в виде произведений, то есть во второй степени. По этой причине система уравнений аналитического решения не имеет. Аналитическое решение может быть найдено в случае реакции озона только с одной компонентой. Решение системы 1 для одного компонента важно, так как определяет класс апроксимационных функций, которые могут быть использованы для аппроксимации общего решения системы (1).

Найдем решение указанной системы в одномерном случае; перепишем систему уравнений:

$$\frac{dn}{dt} = -\alpha \cdot k \cdot n \cdot O_3 \frac{dO_3}{dt} = -k \cdot n \cdot O_3. \quad (2)$$

Система (2) имеет интеграл:

$$\frac{n}{\alpha} - O_3 = const = B. \quad (3)$$

Выразим концентрацию компонента, используя интеграл и получим уравнение:

$$\frac{dO_3}{dt} = -\alpha \cdot k \cdot \left(B + O_{3\cdot}\right) \cdot O_3 \quad (4)$$

Это уравнение имеет решение, а именно:

$$\frac{O_3}{O_3 + B} = \frac{O_3(0)}{O_3(0) + B} \exp\left(-\alpha \cdot k \cdot B \cdot t\right) \quad (5)$$

Или после преобразований:

$$\frac{O_3}{O_3(0)} = \frac{\alpha \cdot \boldsymbol{B}}{n(0) \cdot \exp(\alpha \cdot k \cdot B \cdot t) - \alpha \cdot O_3(0)} \quad (6)$$

Подставляя решение (6) в первое уравнение системы (1), получаем уравнение:

$$\frac{dn}{dt}\frac{1}{n} = -\alpha \cdot k1 \cdot O_3 =$$
$$= -\alpha \cdot k1 \cdot \frac{\alpha \cdot \boldsymbol{B} \cdot O_3(0)}{n(0) \cdot \exp(\alpha \cdot k \cdot B \cdot t) - \alpha \cdot O_3(0)} = \quad (7)$$
$$= -\frac{k1}{k} \cdot \frac{d}{dt} Ln[n(0) - \alpha \cdot O_3(0) \cdot \exp(-\alpha \cdot k \cdot B \cdot t)]$$

Решением которого является функция:

$$Ln\left[\frac{n(t)}{n(0)}\right] =$$
$$= -\frac{k1}{k} \cdot Ln\left[\frac{n(0) - \alpha \cdot O_3(0) \cdot \exp(-\alpha \cdot k \cdot B \cdot t)}{n(0) - \alpha \cdot O_3(0)}\right] \quad (8)$$

В одномерном случае отношение констант перед логарифмом равно единице; это отношение введено для обобщения решения на многомерную задачу. Из одномерного решения следует, что аппроксимационную функцию решения системы 1 следует искать в классе функций, типа 8.

В многомерном случае интеграл (3) также существует и выглядит как:

$$\sum \frac{n_i}{\alpha_i} - O_3 = const = B \quad (9)$$

Второе уравнение в системе (1) в многомерном случае выглядит как:

$$\frac{dO_3}{dt} = -\sum k_i \cdot n_i \cdot O_3 \quad (10)$$

Введем эффективный коэффициент разложения озона, «**к**»

$$K \cdot \sum \frac{n_i}{\alpha_i} = \sum k_i \cdot n_i \quad (11)$$

и обозначения

$$S = \sum \frac{n_i}{\alpha_i}, \quad (12, а)$$

и

$$S - O_3 = \text{const} = B \quad (12, б)$$

Решение системы уравнений (1) аппроксимировалось функциями (6) и (8) с введенными обозначениями в виде:

$$\begin{cases} \dfrac{O_3}{O_3(0)} = \dfrac{\boldsymbol{B}}{S(0) \cdot \exp(k \cdot B \cdot t) - O_3(0)} \\ Ln\left[\dfrac{n_i(t)}{n(0)}\right] = -\dfrac{k_i}{k} \cdot Ln\left[\dfrac{S - O_3(0) \cdot \exp(-k \cdot B \cdot t)}{S - O_3(0)}\right] \end{cases} \quad (13)$$

Необходимо отметить, что во втором соотношении (13) в правой части для любого компонента находится значение одной и той же функции, неизвестными переменными которой являются параметры **k** и **S**. Кроме того, в соотношении (13) неизвестными являются переменные $\boldsymbol{k_i}$.

Важно отметить, что в экспериментальных данных кинетика озона не приводится. Кинетика окисления отдельных компонент, которая и является содержанием экспериментальных данных, является неполной в том смысле, что помимо измеряемых компонент озон может «тратиться» в реакциях с не измеряемыми компонентами. Введение обобщенной переменной *S* в аппроксимационную функцию позволяет парировать эту неопределенность в каналах разложения озона.

Результаты исследования

В качестве экспериментальной базы для нахождения параметров апроксимационных функций были взяты результаты обработки воды реки Тура, [1, 2], пример которых приведен в Таблице 1. В результатах Таблицы 1 необходимо отметить несколько особенностей:

Первая: после дозы 3–5 рост концентрации озона не приводит к изменению выходных данных показателей воды. Такое поведение не может быть объяснено только кинетикой реакций. По этой причине, при определении аппроксимационных параметров, нужно будет стараться получить лучшее совпадение на результатах, полученных при низких дозах озона.

Таблица 1.

Кинетика загрязнителей
в процессе обработки воды озоном

Показатели	Значения							
Доза озона, мг/л	1		2		3		4	
Время контакта, мин.	10		10		10		10	
	до Ф	после Ф	до Ф	после Ф	до Ф	после Ф	до Ф	после Ф
Мутность	12,7	7,5	13,9	5,5	12,5	4,7	12	5
Цветность	77,6	60,6	93,7	57,3	86,7	50,8	75,7	48,2
ПО	19		16		14,1		13,3	
Железо	1,84	1,5	1,89	1,2	1,85	1,15	1,83	1
Марганец	0,61	0,55	0,6	0,53	0,59	0,52	0,59	0,52
pH		7,5		7,7		7,69		7,55

Продолжение Таблицы 1.

Кинетика загрязнителей
в процессе обработки воды озоном

Показатели	Значения							
Доза озона, мг/л	5		6		7		8	
Время контакта, мин.	10		10		10		10	
	до Ф	после Ф	до Ф	после Ф	до Ф	после Ф	до Ф	после Ф
Мутность	11,7	4,7	11,5	3,8	16,2	3,3	12,7	3,7
Цветность	79,9	41,6	72,4	34,1	83,9	34,1	73,7	33,3
ПО	12,5		12,2		11,76		11,4	
Железо	1,83	1	1,74	0,74	1,66	0,51	1,39	0,57
Марганец	0,54	0,52	0,54	0,53	0,53	0,49	0,79	0,52
pH		7,5		7,54		7,56		7,48

Второе: содержание марганца в условиях эксперимента не изменяется обработкой воды озоном.

Третье: результаты экспериментов свидетельствуют о росте концентрации окисляемой органике. То есть, помимо отмеченных в Таблице 1 компонентах, озон тратится в реакциях с неконтролируемой органикой, результаты которых не фиксировались в экспериментах.

Кроме того, так как компоненты входят в аппроксимационную функцию в виде отношения текущего значения к начальному (левая часть второго уравнения системы 13), абсолютные значения этих параметров значения не имеют. По этой причине процедура аппроксимации решения системы 1 по данным таблицы 1 может применяться ко всем компонентам несмотря на то, что абсолютные значения этих параметров отличаются на 2 порядка.

Параметры аппроксимационных функций (13) находились методом минимизации функционала

$$\sum_{\text{озона}}^{\text{дозы}}\sum_{i=1}^{N}\left[\begin{array}{c} Ln\left[\dfrac{n_i(t)}{n(0)}\right] - \\ -\dfrac{k_i}{k}\cdot Ln\left[\dfrac{S-O_3(0)\cdot\exp(-k\cdot B\cdot t)}{S-O_3(0)}\right]\end{array}\right]^2 \quad (14)$$

В котором двойное суммирование проводится как по компонентам в воде, так и по дозе озона. Искался минимум указанной функции; так как функция существенно не линейна, в качестве метода минимизации был выбран метод деформации многоугольника. Для чего была создана программа в средствах стандартного приложения «Эксель». В качестве примера, на Рисунке 1 приведены результаты такой обработки данных Таблицы 1.

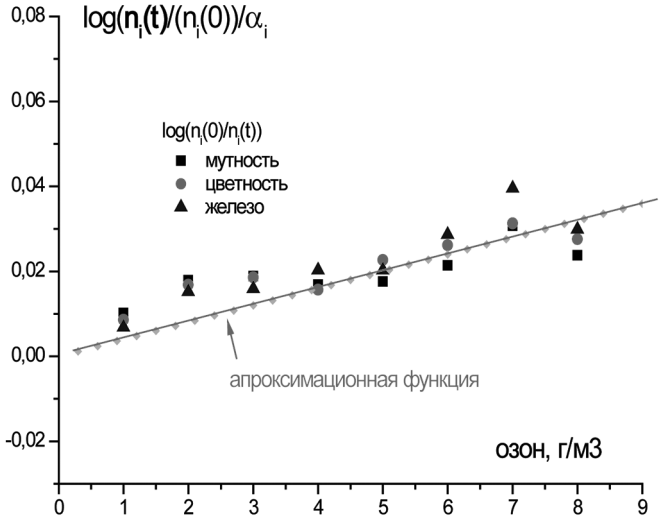


Рис. 1. Апроксимация результатов обработки воды озоном, представленных в Таблице 1

На Рисунке 1 данные приведены в представлении (130; данные по марганцу не нанесены, так как в условиях Таблицы 1 обработка озоном не привела к изменению на концентрации марганца. В соответствии с представленными в 8–14 соотношениями логарифм отношений концентраций, деленый на коэффициенты скорости этих компонент с озоном является универсальной функцией (13), которая зависит, в основном, только от начальной концентрации озона, что и демонстрирует Рисунок 1: Результаты на Рисунке 1 в графическом виде представляют результаты минимизации функционала (14). Все данные по обрабатываемым компонентам с удовлетворительной точностью группируются вокруг аппроксимационной функции. Параметры этой функции, определенные минимизацией функционала (14) приведены в Таблице 2.

Таблица 2.

Параметры функций 13,
минимизирующие функционал 14

S, г/м^3	Константы скорости, м^3/(грамм*сек)			
	«**K**»	Мутность	Цветность	Железо
4,7	$4{,}17\cdot10^{-6}$	$9{,}4\cdot10^{-5}$	$5{,}2\cdot10^{-5}$	$5{,}4\cdot10^{-5}$

Необходимо отметить, что «частные» константы скорости, то есть константы скорости реакции с озоном для каждого компонента, заметно выше константы скорости разложения озона — «**K**». Так как они определяются с коэффициентом эффективности реакции — α_i.

Определение параметров аппроксимационной функции (13) и коэффициентов скорости процессов окисления некоторых компонент, содержащихся в воде, по-

зволяет рассчитать количество озона, необходимого для селективного изменения содержания данного компонента в необходимой степени. Эти кривые для некоторых компонент из Таблицы 1 приведены на Рисунке 2.

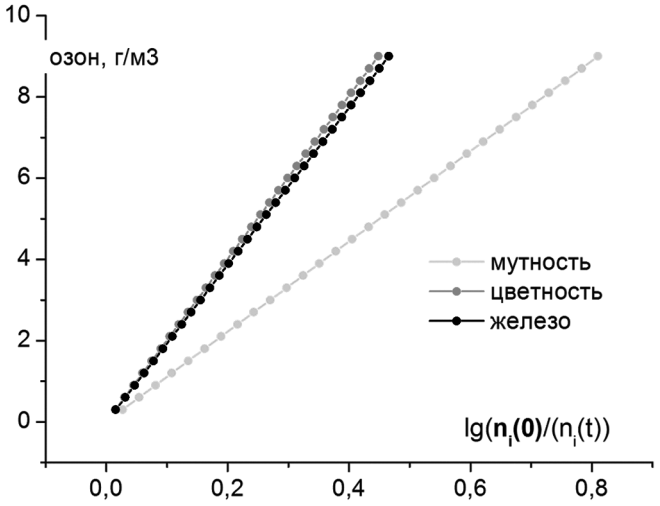


Рис. 2. Зависимость потребной дозы озона от логарифма степени окисления загрязнителей в воде

На Рисунке 1 представлены селективные доза озона, то есть дозы озона, которые должны быть «затрачены» на снижения содержания компонента до определенной степени. При наличии нескольких компонент в воде общая потребность озона является суммой доз озона для каждой из компонент.

Обсуждения

На базе экспериментальных данных создана математическая модель кинетики обработки воды озоном. Решение дифференциальных уравнений модели находилось методом аппроксимации. Полученные параметры аппроксимационных функций позволяют оценить дозы озона для снижения содержания загрязнителей в питьевой воде до нормативных уровней.

Проведенные исследования процесса озонирования на различных водоисточниках, содержащих загрязнения природного и антропогенного характера, подтверждают эффективность метода озонирования для доведения качества загрязненной воды до норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

ЛИТЕРАТУРА

1. Корса-Вавилова Е.В., Науменко Э.В., Божко В.И., Шмелев А.Я. Особенности применения озона в обработке воды в экспериментальной установке УЛ-2, Chemikal Bulletin, том 6 №1, 2023, 21–29 с.
2. Корса-Вавилова Э.В., Науменко Э.В., Шмелев А.Я., Макеев А.Е. Экспериментальные исследования влияния озонирования на процесс водоподготовки при проектировании генератора озона, Chemikal Bulletin, том 6 №1, 2023, 30–40 с.
3. Богомолов В., Головня Е. Качеству питьевой воды — повышенное внимание. — Комбикорма. 2012. № 6, 86 с.

© Корса-Вавилова Елена Викторовна (korsa_elena@mail.ru); Науменко Эльвира Вячеславовна (Elvira.naumenko@yandex.ru);
Гибалов Валентин Иванович (gibalov@medozone.ru); Божко Виктор Иванович (stud2010@rambler.ru); Шмелев Алексей Ярославович (shmelev.ay@mozo.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.22

МОДУЛЬ «ПРОВЕРКА МЕНЮ НА АЛЛЕРГЕНЫ» ДЛЯ АНАЛИЗА И ПОДБОРА МЕНЮ ДЕТЯМ С ПИЩЕВОЙ АЛЛЕРГИЕЙ

MODULE «CHECKING MENU FOR ALLERGENS» FOR ANALYSIS AND SELECTION OF MENU TO CHILDREN WITH FOOD ALLERGIES

S. Korshikov

Summary: The actual problem of our time is the growing number of children with food allergies, which leads to the need for technical organization of the development and checking menu for children with special nutritional needs. The article discusses a new method of analyzing the menu for compliance to children with food allergies in preschool and school educational institutions, embedded in the software «Nutrition and health Monitoring». The article contains a discussion of the results and conclusions about the advantages and disadvantages of this method of analysis. It is recommended to further improve the module «Checking the menu for allergens» based on the «dose-effect» relationship, identifying the minimum and absolutely-ineffective dose of allergen in the finished dish.

Keywords: software, information technology, menu analysis, dose-effect, food allergy, nutrition.

Коршиков Сергей Витальевич
Аспирант, Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ»;
инженер, ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора
serkorshikov@mail.ru

Аннотация. Актуальной проблемой современности является рост количества детей с пищевой аллергией, что приводит к необходимости технической организации меню для детей с особыми пищевыми потребностями. В статье рассматривается новый метод анализа меню на соответствие детям с пищевой аллергией в дошкольных и школьных образовательных учреждениях, внедренный в программное средство «Мониторинг питания и здоровья». Работа содержит обсуждение результатов и выводы о преимуществах и недостатках данного метода анализа. Рекомендуется дальнейшее совершенствование модуля «Проверка меню на аллергены» на основе зависимости «доза-эффект», выявление минимальной и абсолютно-неэффективной дозы аллергена в готовом блюде.

Ключевые слова: программное средство, информационные технологии, анализ меню, доза-эффект, пищевая аллергия, питание.

Введение

По данным Всемирной организации здравоохранения, около 40% человек в мире страдают различными аллергическими заболеваниями и XXI век станет веком аллергии [1]. Первую и наиболее значительную антигенную нагрузку организм человека получает в виде пищевых продуктов. Поэтому, пищевая аллергия является одной из самых частых и ранних причин формирования аллергических болезней [2]. Пищевая аллергия — необычная, повышенная чувствительность организма к различным продуктам питания, которая развивается при нарушении иммунной системы [3]. Часто, аллергия к пищевым продуктам сопровождается патологической симптоматикой со стороны кожи, желудочно-кишечного и респираторного трактов [4, 5]. По данным эпидемиологических исследований, распространенность доказанной пищевой аллергии в развитых странах, в наше время, среди детей первого года жизни составляет 6 %–8 %, подросткового возраста 2 %–4 % [6].

При технической разработке меню для организованных коллективов с учетом особенностей питания должны предусматриваться, в том числе, принципы здорового питания, многообразность пищевых продуктов и их пищевая ценность [7].

Для организации питания детей в образовательных учреждениях предлагается эффективное IT-решение, которое учитывает пищевые потребности каждого ребенка, в том числе, потребности детей с различными пищевыми аллергиями. Информационные технологии в индустрии питания развиваются очень динамично, как и сама сфера [8]. Внедрение и развитие цифровых технологий в процесс организации питания способствует обеспечению качества, безопасности продукции и снижения соответствующих рисков [9].

Цель работы

Разработка нового метода анализа меню на соответствие детям с пищевой аллергией в дошкольных и школьных образовательных учреждениях, оценка его преимуществ и недостатков.

Материалы и методы

В работе были использованы данные из программного средства «Мониторинг питания и здоровья», разработанного ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора по Новосибирской области.

Результаты исследования

Для разработки меню и решения проблемы его анализа на соответствие детям с пищевой аллергией пред-

лагается программное средство «Мониторинг питания и здоровья», частью опций которой является организация питания и адаптация основного меню. Данная система разработана в ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, является полностью бесплатным решением для организации питания в учреждениях [10]. Состоит из обширного функционала, в том числе, по созданию отчетов, разработке стандартного меню и для детей с особенностями питания. Добавлены типовые меню, с которыми можно ознакомиться и применить для своей организации с последующей корректировкой или без нее. Для закрепленных специалистов по питанию, программное средство может стать удобным повседневным инструментом, который упрощает и ускоряет выполнение ключевых обязанностей [11].

Методом анализа меню на соответствие детям с пищевой аллергией в системе предлагается новый разработанный модуль «Проверка меню на аллергены» — Рис. 1. Ключевыми компонентами, с которыми он взаимодействует в программе, являются: база данных блюд и база данных продуктов. Далее, с ними синтезируется база данных аллергенов. База данных блюд включает сборники рецептур, категорию блюда, название, выход в граммах, технологию приготовления и номер технологической карты. В базу данных продуктов входят: название, категория и подкатегория продукта, питательные вещества, энергетическая ценность.

Программное средство обрабатывает данные с высокой скоростью [12]. Для оценки меню на наличие пищевых аллергенов в систему включена профессиональная информация, специальные данные из области аллергологии [13]. Усовершенствование данного программного средства путем внедрения нового модуля, позволяет проводить анализ меню на сгруппированные по категориям аллергены: коровье молоко, яйцо, пшеница, рыба, шоколад, орехи, цитрусовые, мёд, соя.

Для проведения анализа, пользователю необходимо выбрать меню и интересующие аллергены. В результате, в строке блюда, появляется вид найденного (выбранного) аллергена и такие блюда выделяются красным цветом. Модуль предлагает пользователям подобрать им замену с помощью функции «Посмотреть аналоги» — Рис. 2.

Под каждое неподходящее блюдо системой составляется ассортимент под замену — Рис. 3. При просмотре аналогов, специалист по питанию, может выбрать из перечня наиболее подходящее блюдо. Например, кашу гречневую рассыпчатую можно заменить макаронами безглютеновыми отварными.

После замены неподходящего блюда из ассортимента на необходимое без аллергена, происходит обновление меню.

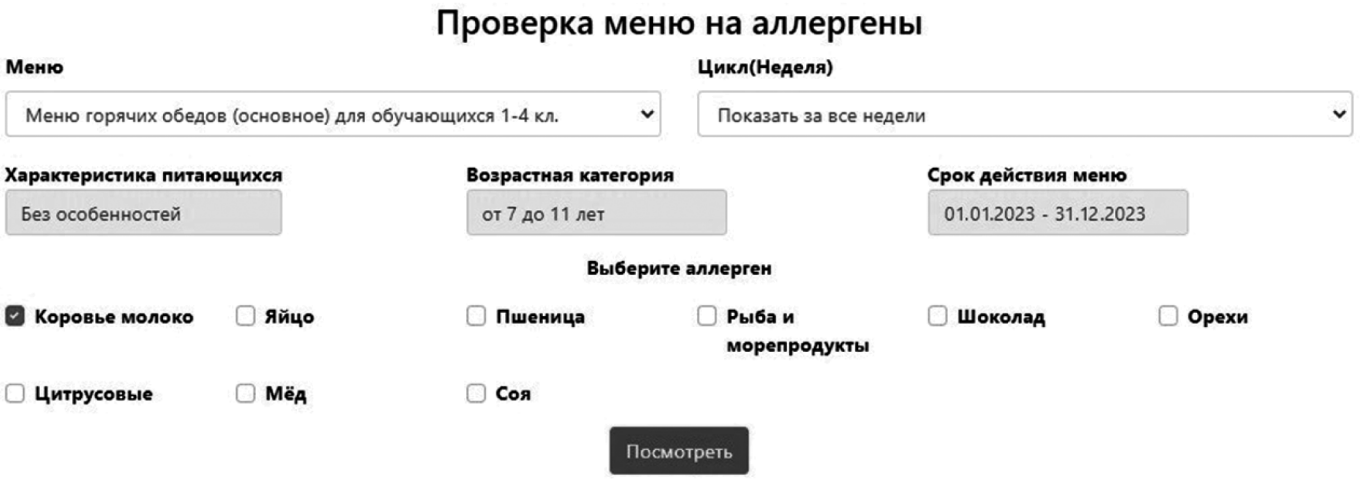


Рис. 1. Модуль «Проверка меню на аллергены»

Пятница

Обед

№ рецептуры	Название блюда	Выход	Белки	Жиры	Углеводы	Эн. ценность	Содержание аллергена	Поиск аналогов
54-2с	Борщ с капустой и картофелем со сметаной	200	4.7	5.7	10.1	110.4	Коровье молоко	Посмотреть аналоги
54-4г	Каша гречневая рассыпчатая	150	8.2	6.3	35.9	233.7	Коровье молоко	Посмотреть аналоги
54-1м	Бефстроганов из отварной говядины	80	12	12.4	1.9	167.4	Коровье молоко	Посмотреть аналоги
54-6хн	Компот из вишни	200	0.3	0.1	10.2	42.8	-	
Пром.	Хлеб ржано-пшеничный	60	4	0.7	23.8	117.4	-	
Пром.	икра из кабачков. Консервы	60	1.1	5.3	4.6	71.1	-	

Рис. 2. Результат проверки меню на аллерген «Коровье молоко»

Поиск блюд без указанных аллергенов

Алерген: Коровье молоко

Подобрать аналоги к блюду: Каша гречневая рассыпчатая

Категория блюда: Гарниры

№	Сборник	Номер рецептуры	Блюдо	Заменить
1	Для 1-4 классов	54-18г	Макароны безглютеновые отварные	Заменить
2	Для 1-4 классов	54-21г	Горошница	Заменить
3	Пищевая аллергия	54-22г	Рис отварной с маслом растительным	Заменить
4	Пищевая аллергия	54-23г	Картофель отварной с маслом растительным	Заменить
5	Пищевая аллергия	54-25г	Каша перловая рассыпчатая с маслом растительным	Заменить
6	Для 1-4 классов	54-26г	Рис с овощами	Заменить
7	Для 1-4 классов	54-27г	Рис припущенный с томатом	Заменить
8	Пищевая аллергия	54-19г – для детей с целиакией	Капуста белокочанная тушеная	Заменить
9	Пищевая аллергия	54-33г	Котлеты картофельные	Заменить

Рис. 3. Ассортимент, предлагаемый системой, для замены выбранного блюда

На первый взгляд, не совсем просматривается логика работы программного средства по выявлению выбранного аллергена «Коровье молоко» в каше гречневой рассыпчатой (Рис.1,2). Но, исходя из технологической карты в системе, в рецепт гречневой каши (пищевые вещества) под номером 2 входит «Масло сливочное 72,5 % м.д.ж.» (около 6,8 гр.) — Рис. 4.

В составе сливочного масла есть сливки, которые производятся на основе молока. А на основе выбранного аллергена «Коровье молоко», данное блюдо необходимо заменить. Но, доля масла сливочного в данном готовом блюде совсем незначительна и составляет, примерно, чайную ложку с небольшой горкой. Исходя из этого, имеется вероятность того, что блюдо можно оставить и не заменять. Данный фактор можно рассматривать как недостаток проведенного анализа модулем.

В анализе дозы пищевого аллергена имеется необходимость проведения моделирования. В данном случае, моделирование — исследование объектов и их изучение, с целью получения результатов, интересующих исследователя [14]. Решением проблемы замены блюда с аллергеном в любом случае, рассматривается учет зависимости «доза-эффект». Тогда, необходимо исследовать величины доз (граммы), которые вызывают появление эффекта, т.е. аллергической реакции у питающегося [15]. И на ее основе оценивать соответствие детям с определенной пищевой аллергией.

«Эффективной дозой» выступает количественное выражение исследуемого фактора (дозы), который вызывает результативный признак (эффект) с заданной вероятностью его проявления. «Эффект» представляется как сформировавшееся завершенное событие, точно установленное качественное следствие процесса либо состояния. Поэтому, понятие «эффект» применительно только к качественному или альтернативному выражению ответа со стороны тест-объекта на воздействие исследуемого фактора. Дозы исследуемого фактора наличия аллергена в блюде, вызвавшего с заданной вероятностью появление качественного признака, устанавливаются как «эффективные дозы», а зависимость между дозой и вероятностью эффекта — как зависимость «доза-эффект». В качестве результативных признаков могут фиксироваться самые различные эффекты [16].

Для дальнейшего совершенствования исследования, требуется выявить минимальную дозу, при воздействии которой у объекта с полной вероятностью появится положительный эффект, а именно, возникновение аллергической реакции. И выявить гарантированное отсутствие неблагоприятного эффекта (максимально недействующую концентрацию) [17]. Такую дозу можно назвать

Технологическая карта

Технологическая карта кулинарного изделия (блюда): 54-4г
Наименование изделия: Каша гречневая рассыпчатая
Номер рецептуры: 54-4г
Наименование сборника рецептур, год выпуска, автор: Пособие. Сборник рецептур блюд и типовых меню для организации питания обучающихся 1-4-х классов общеобразовательных организаций / Москва, 2022 г., 2022
Пищевые вещества:

№	Наименование сырья	Брутто, г.	Нетто, г.	Белки, г.	Жиры, г.	Углеводы, г.	Энергетическая ценность, ккал.
1	Крупа гречневая ядрица	69.0	69.0	8.17	2.00	35.85	194.1
2	Масло сливочное 72.5% м.д.ж	6.8	6.8	0.05	4.34	0.08	39.6
3	Соль поваренная йодированная	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.0
4	Вода	102.0	102.0	0.00	0.00	0.00	0.0
Выход:			**150**	**8.22**	**6.34**	**35.93**	**233.7**

Витамины и минеральные вещества

№	Продукт	B1, мг	B2, мг	A, мкг. рет. экв.	D, мкг.	C, мг.	Na, мг.	K, мг.	Ca, мг.	Mg, мг.	P, мг.	Fe, мг.	I, мкг.	Se, мкг.	F, мг.
1	Крупа гречневая ядрица	0.21	0.11	0.83	0.00	0.00	1.57	217.63	12.14	120.06	178.89	4.02	2.3	3.5	15.9
2	Масло сливочное 72.5% м.д.ж	0.00	0.01	18.36	0.09	0.00	0.78	1.69	1.44	0.00	1.77	0.01	0.0	0.1	0.2
3	Соль поваренная йодированная	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	147.10	0.04	1.62	0.10	0.33	0.01	20.0	0.0	0.0
4	Вода	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	31.42	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Итого		**0.21**	**0.12**	**19.19**	**0.09**	**0**	**149.45**	**219.36**	**46.62**	**120.16**	**180.99**	**4.04**	**22.3**	**3.6**	**16.1**

Способ обработки: Варка
Технология приготовления: Крупу перебирают, промывают, несколько раз меняя воду, засыпают в кипящую подсоленную воду, всплывающие пустые зерна удаляют (ситечком) и варят до загустения, помешивая. Когда каша сделается густой, помешивание прекращают, закрывают крышкой и доводят до готовности на пару или водяной бане (температура 100о С) или в жарочном шкафу при температуре 140-160 градусов Цельсия. Затем вливают растопленное сливочное масло, взрыхляют поварской вилкой, уваривают еще 3-4 мин. Температура подачи: не менее 65 градусов С.
Характеристика блюда на выходе:
Внешний вид - зерна крупы полностью набухшие, сохраняют форму, легко отделяются друг от друга; консистенция - рассыпчатая; цвет, вкус и запах - соответствуют наименованию блюда.

Рис. 4. Технологическая карта на блюдо «Каша гречневая рассыпчатая»

минимальной абсолютно-эффективной. Если она незначительна и безвредна для питающегося, блюдо можно оставить и не заменять. Но, в любом случае, специалистам по питанию требуется учитывать индивидуальные особенности каждого ребенка с пищевой аллергией.

Дошкольный и школьный персонал должен иметь навыки уверенного пользователя владения компьютером, быть обучен распознаванию симптомов аллергических реакций и уметь действовать в случае необходимости. Родителям следует предоставлять список продуктов, которые ребенок не может употреблять, и инструкции по лечению аллергических реакций. Меню должно быть разнообразным, вкусным и учитывать потребности всех детей, включая тех, кто страдает от пищевых аллергий.

Заключение

Новый разработанный и внедренный модуль «Проверка меню на аллергены» в программное средство «Мониторинг питания и здоровья» является эффективным методом анализа меню в дошкольных и школьных образовательных учреждениях на соответствие детям с пищевой аллергией на определенные продукты. Для пользователей системы, специалистов по питанию, данная техническая проверка позволяет быстро и точно обнаружить необходимые аллергены в любом готовом блюде, значительно снижая трудовые, временные ресурсы и ошибку человеческого фактора. В результате проведенного исследования, выявлено, что программа предлагает заменить блюдо с аллергеном в любом случае, даже если доза аллергена может быть неэффективной и не нанесет никакого вреда питающемуся. Дальнейшее совершенствование модуля с учетом зависимости «доза-эффект» позволит оценить уровень воздействия (последствия) любого выбранного аллергена. В определенных случаях, если доза незначительна и безвредна для питающегося, блюдо можно оставить и не заменять.

Автор выражает благодарность научному руководителю — д.т.н., Боброву Леониду Куприяновичу за консультации в подготовке статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Верткин А.Л., Турлубеков К.К., Дадыкина А.В. Острые аллергические заболевания: алгоритм ведения больных на догоспитальном этапе // Справочник поликлинического врача. 2006. № 4. С. 8-14.
2. Борисова И.В., Смирнова С.В. Пищевая аллергия у детей. Красноярск: Изд-во КрасГМУ, 2011. 150 с.
3. Гурвич М.М. Большая книга о питании для здоровья. М.: Эксмо, 2013. 768 с.
4. Балаболкин И.И. Пищевая аллергия у детей: современные аспекты патогенеза и подходы к терапии и профилактике // Иммунопатология, аллергология, инфектология. 2013, № 3. С. 36-46.
5. Клиническая аллергология и иммунология / Под ред. Л.А. Горячкиной, К.П. Кашкина. М.: Миклош, 2009. 430 с.
6. Лишке Д.В. Гастроинтестинальная пищевая аллергия у детей дошкольного возраста: совершенствование методов диагностики и профилактики: Автореферат диссертации. Пермь, 2009. 27 с.
7. Гращенков Д.В., Дубенко С.Э., Чугунова О.В. Применение методов математического моделирования при разработке рационов заданной пищевой ценности // Индустрия питания | Food Industry. 2023. Т. 8, № 1. С. 84–91.
8. Поночевный Д.А. Информационные технологии в ресторанном бизнесе: уч. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2021. 109 с.
9. Фомина Н.В. Прикладная информационная экономика: региональный аспект. Иваново: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова Ивановский филиал, 2021. 134 с.
10. Программное средство «Мониторинг питания и здоровья» // Регистрация в ПС [сайт]. URL: https://demography.site/site/signup-nutrition (дата обращения: 24.04.2023).
11. Информационные технологии управления предприятием: Учебное пособие / Пьянкова Н.Г., Шапошников В.Л., Кузьмина Э.В., Салий В.В. Краснодар: ЦНТИ, 2017. 101 с.
12. Introduction to information technology. Dorling Kindersley. I. T. L. Education Solutions Limited, Itl. Pearson Education India, 2005, p. 668.
13. Бобров Л.К. Управление бизнес-информацией: учебное пособие. Новосибирск: НГУЭУ, 2015, 163 с.
14. Цифровая обработка и анализ результатов научных исследований пищевых производств: учебное пособие / А. В. Новикова, Т. А. Толмачева, А. Н. Мартеха. М.: РГАУ-МСХА, 2021. 99 с.
15. Осипов А.Л., Аношкин С.Н. Непараметрический метод построения зависимости «доза-эффект» // Автометрия. 2006. Т. 42, № 6. С. 63-69.
16. Избранные вопросы современной науки: монография. Часть XIV. М.: Издательство «Перо», 2014. 161 с.
17. Гудинова Ж.В., Гегечкори И.В., Толькова Е.И. Курс лекций по общей гигиене: учебное пособие. Омск: Изд-во ОмГМУ, 2016. 175 с.

© Коршиков Сергей Витальевич (serkorshikov@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.23

ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА (ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ)

Кулик Сергей Дмитриевич
Доктор технических наук, профессор, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
sedmik@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена элементам системного анализа. Кратко рассмотрен паспорт специальности 2.3.1 (системный анализ, управление и обработка информации, статистика), используемый при защите диссертаций. Основное внимание в статье уделено учебным задачам, в основе которых лежит последовательный анализ. Полученные результаты могут быть использованы при обучении дисциплинам, которые связаны с системным анализом, а также при изучении последовательного анализа.

Ключевые слова: системный анализ, последовательный анализ, система, сравнительный анализ, учебная задача.

ELEMENTS OF SYSTEM ANALYSIS (SEQUENTIAL ANALYSIS)

S. Kulik

Summary: This article deals with the system analysis and sequential analysis for educational process. The main attention in the article is given to learning tasks based on sequential analysis. The results obtained can be used in teaching disciplines that are related to system analysis, as well as in the study of sequential analysis. In conclusion, it is concluded that it is necessary to pay more attention in the framework of the educational process to the elements of system analysis. The results obtained can be used by tutor of system analysis for educational process.

Keywords: system analysis, sequential analysis, system, comparative analysis, learning task.

Введение

Системный анализ [1, 2, 3, 4], теория систем [5] широко используются на практике различными специалистами. Сегодня можно уверенно полгать, что элементы системного анализа [6, 7, 8] являются неотъемлемой частью соответствующих этапов, которые напрямую связаны с планированием современных научно-технических разработок информационных технологий и их исследований. В области системного анализа имеются достаточно эффективные инструментальные средства необходимые исследователю. Эти средства хорошо приспособлены для проведения необходимого системного анализа заданного объекта информационных технологий. Хорошо себя зарекомендовал метод последовательного анализа [9, 10, 11, 12], например, для тестирования человека-оператора [10, 11] или для анализа эффективности информационных систем. В рамках текущего учебного процесса преподавателю необходимо иметь набор учебных задач для проверки приобретения навыков учащимися в освоении дисциплин, связанных с системным анализом. Далее для последовательного анализа такой набор учебных задач будет предложен. Сначала остановимся кратко на сравнительном анализе паспорта специальности 2.3.1.

Краткий сравнительный анализ паспорта специальности 2.3.1 (системный анализ, управление и обработка информации, статистика)

В системе подготовки ученых в нашей стране при защите диссертаций ранее использовалась специальность 05.13.01 — «Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)». В старом паспорте был специальный раздел, посвященный формуле специальности. В табл. 1 достаточно полно представлены ключевые элементы этой формулы. В табл. 2 приведено важное примечание к паспорту этой специальности.

В последнее время применяется эта обновленная специальность под другим номером 2.3.1 — «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика». В табл. 3 достаточно кратко представлены ключевые области исследований для этой специальности.

Таблица 1.

Элементы формулы специальности 05.13.01

№	Элемент	Краткие пояснения
1	Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям) — специальность, занимающаяся проблемами разработки и применения методов системного анализа сложных прикладных объектов исследования, обработки информации, целенаправленного воздействия человека на объекты исследования, включая вопросы анализа, моделирования, оптимизации, совершенствования управления и принятия решений, с целью повышения эффективности функционирования объектов исследования	Вводная часть
2	Специальность отличается тем, что ее основным содержанием являются теоретические и прикладные исследования системных связей и закономерностей функционирования и развития объектов и процессов с учетом отраслевых особенностей, ориентированные на повышение эффективности управления ими с использованием современных методов обработки информации	Отличительная часть

№	Элемент	Краткие пояснения
3	Значение решения научных и технических проблем данной специальности для народного хозяйства состоит в разработке новых и совершенствовании существующих методов и средств анализа обработки информации и управления сложными системами, повышения эффективности надежности и качества технических систем	Значимая часть

Таблица 2.

Примечание к специальности 05.13.01 и отрасль наук

№	Элемент	Краткие пояснения
1	Специальность не включает исследования в следующих областях: автоматизированные системы управления технологическими процессами и производствами; управление в социальных и экономических системах; программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей; системы автоматизации проектирования; системы математического моделирования; системы защиты информации	Что не входит в эту специальность
2	Эти области исследования включают соответственно специальности 05.13.06, 05.13.10, 05.13.11, 05.13.12, 05.13.18, 05.13.19	Номера специальностей в которые входят эти специальности
3	Отрасль наук: технические науки, физико-математические науки	Применяется в этих отраслях наук

Таблица 3.

Области исследований для специальности 2.3.1

№	Краткие пояснения	Отметка (изменен или нет)
1	Теоретические основы и методы системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и **искусственного интеллекта**	изменен
2	Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и **искусственного интеллекта**	изменен
3	Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и **искусственного интеллекта**	изменен
4	Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и **искусственного интеллекта**	изменен
5	Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта	изменен
6	Методы идентификации систем управления на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации	нет
7	Методы и алгоритмы структурно-параметрического синтеза и идентификации сложных систем	нет
8	Теоретико-множественный и теоретико-информационный анализ сложных систем	нет
9	Разработка проблемно-ориентированных систем управления, принятия решений и оптимизации технических объектов	нет
10	Методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений в технических системах	нет
11	Методы и алгоритмы прогнозирования и оценки эффективности, качества, надежности **функционирования сложных систем управления и их элементов**	изменен
12	Визуализация, трансформация и анализ информации на основе компьютерных методов обработки информации	нет
13	Методы получения, анализа и обработки экспертной информации, **в том числе на основе статистических показателей**	изменен
14	Разработка принципиально новых методов анализа и синтеза элементов систем управления с целью улучшения их технических характеристик	добавлен
15	Теоретический анализ и экспериментальное исследование функционирования элементов систем управления в нормальных и специальных условиях с целью улучшения технико-экономических и эксплуатационных характеристик	добавлен
16	Методология статистического обеспечения управления развитием сложных систем	добавлен
17	Прикладные статистические исследования, направленные на выявление, измерение, анализ, прогнозирование, моделирование складывающейся конъюнктуры и разработки перспективных вариантов развития сложных систем	добавлен

В табл. 4 кратко представлены как пример только 3 принципа [4, с. 12] теории систем и системного анализа. В них используется понятие системы, которое является ключевым в системном анализе. Тщательно анализируя как старый паспорт, так и новый можно заметить, что в них заложены ключевые принципы системного анализа. Выполнен сравнительный анализ паспортов

специальностей 05.13.01 и 2.3.1. Можно заметить, что основные изменения (выделены в тексте табл. 3) связаны с искусственным интеллектом и со статистикой.

Таблица 4.

Принципы теории систем и системного анализа

Номер принципа	Краткие пояснения
1	Заключается в рассмотрении совокупности элементов системы как целое, или более жестко — запрет на рассмотрение системы как простого объединения элементов
3	Заключается в стремлении к максимальной эффективности работы системы (почти всегда используется экономический показатель)
5	Заключается в возможности (а иногда и необходимости) деления данной системы на части

Последовательный анализ

В случае последовательного анализа Вальда [9, 10] (для принятия решения о браковке партии произведенной продукции) необходимы оценки вероятностей α, β, p_0 и p_1, а также необходимо правило принятия решений для определения дефектности (или годности) конкретного изделия из представленной партии изделий и итоговое правило принятия решений для определения дефектности (или годности) всей партии изделий целиком.

Введем следующие частные показатели эффективности:

p — вероятность дефекта (относительное число дефектных изделий); при $p \geq p_1$ обычно предпочитают забраковать партию, а при $p \leq p_0$ обычно предпочитают принять партию;

α — вероятность забраковать партию в случае $p \leq p_0$;

β — вероятность принять партию в случае $p \geq p_1$;

d_m — число дефектных изделий среди первых m проверенных.

Пусть $p_0 < p_1$. В соответствии с введенными обозначениями справедливо [9, 10]: $a_m = h_0 + s \cdot m$, $r_m = h_1 + s \cdot m$, где

$$s = \frac{\ln\frac{1-p_0}{1-p_1}}{\ln\frac{p_1}{p_0} - \ln\frac{1-p_1}{1-p_0}}; h_0 = \frac{\ln\frac{\beta}{1-\alpha}}{\ln\frac{p_1}{p_0} - \ln\frac{1-p_1}{1-p_0}};$$

$$h_1 = \frac{\ln\frac{1-\beta}{\alpha}}{\ln\frac{p_1}{p_0} - \ln\frac{1-p_1}{1-p_0}};$$

a_m — нижняя граница (приемочное число), при пересечении которой принимается решение о том, что партия принимается;

r_m — верхняя граница, при пересечении с которой принимается решение о том, что партия бракуется.

При последовательном анализе, тестировании выполняют до тех пор, пока выполняется условие [9, 10]: $a_m < d_m < r_m$. Текущее испытание сразу прекращают (и соответственно принимают итоговое решение), когда dm в первый раз нарушает следующее условие:

если $d_m \geq r_m$, то партия **бракуется**;

если $d_m \leq a_m$, то партия **принимается**.

На практике a_m и r_m оценивают заранее еще до проведения самого испытания. На рис. 1 приведено для последовательного анализа графическое представление. Более подробные сведения о последовательном анализе Вальда представлены, например, в работах [9, 10, 11].

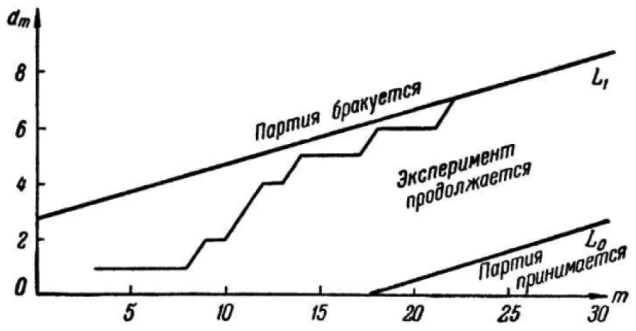


Рис. 1. Графический метод для последовательного анализа [9]

Для эффективного применения последовательного анализа на практике учеными (А. Вальд и Дж. Вольфовиц) успешно доказали очень важную теорему о минимуме средних размеров выборок (числа наблюдений). Основная идея этой теоремы [9, с. 292] состоит в следующем: в среднем последовательный критерий отношений вероятностей требует наименьшее число наблюдений.

Были проведены [9] необходимые исследования. Обоснована важная оценка эффективности последовательного анализа. При этом было убедительно показано [9, с. 85], что последовательный критерий обеспечивает выигрыш примерно **50 %** необходимого числа испытаний по сравнению с обычным наиболее мощным критерием. Рассмотрим известный пример применения последовательного анализа.

Пример (см. [9, с. 128–130])

Требуется принять решение (с помощью последовательного анализа) о принятии или браковке партии

продукции. Известны исходные данные: $p_0 = 0.1$; $p_1 = 0.3$; $\alpha = 0.02$; $\beta = 0.03$ и результаты эксперимента приведены ниже в табл. 5.

Решение

1) Приемочное и браковочное числа приведены ниже в табл. 5.

Таблица 5.

Табличный метод для последовательного анализа

m число проверенных изделий	a_m приемочное число	d_m число обнаруженных дефектов	r_m браковочное число
1		0	
2		0	
3		1	
4		1	4
5		1	4
6		1	4
7		1	5
8		1	5
9		2	5
10		2	5
11		3	5
12		4	6
13		4	6
14	0	5	6
15	0	5	6
16	0	5	6
17	0	5	7
18	0	6	7
19	0	6	7
20	1	6	7
21	1	6	7
22	**1**	**7**	**7**
23	1		8
24	1		8
25	2		8

2). При $m = 22$ проверка закончилась браковкой партии т.к. $d_m \geq r_m$.

И тем самым пример решен

Учебные задачи последовательного анализа

В задачах с 1 по 20 приняты следующие исходные данные:

$$p_0 = 0.1;\ p_1 = 0.3;\ \alpha = 0.03;\ \beta = 0.05.$$

Требуется с помощью последовательного анализа принять решение о браковке партии продукции или ее принятию.

Варианты состояний изделий в проверяемой партии для каждой задачи (**0** — обозначает годное изделие; **1** — дефектное (не годное) изделие) представлены последовательностью из нулей и единиц (самая первая проверка — слева в начале последовательности, а самая последняя — справа в конце последовательности). Последовательности для задач приведены в табл. 6.

Таблица 6.

Последовательности для 20 учебных задач

№ задачи	Последовательность
1	0111000011110000011110000011111000011111000011111000001111100 0001111000011111000001111000001111100000111100000111100000111 1100001111100001111100000111
2	1111000011111000001111100001111000001111000001111000001111100 0001111100000111110000011111000001111100001111100000111110000 0111110000011110000011111000
3	0011111000001110000011111000111110000011110000011110000011111 0000111110000111110000011111000011111000001111000001111000001 1110000111110000011110000011
4	0000111000001111000011111000001111000001111100001111000001111 1000001111000001111000001111100000111110000011110000011110000 0111110001111100000111110000
5	0001111100000111110000011110000011111000001111000001111100001 1111000001111100000111110000001111100000111111000000111110000 0011111000000111110000001111
6	0111100000111110000111110000011110000011110000011111000001111 1000001111110000011111000001111100000111111000001111100000111 1100001111100000111110000011
7	0111100000111110000011111000000111110000011111000000111110000 0011110000111110000011111000001111000001111100000111110000111 1100001111000001111000001111

№ задачи	Последовательность
8	00111100000111100000111110000111100000111110000011110000111111 00000111110000011111000001111100000011111000001111100000011111 10001111100000111100000011111
9	11110000111100001111100001111100000111110000111110000111100001111000 00111111000001111100001111100001111100000111110000011110000011 11100000111100000111110000011
10	00111110000001111100000011111000000111110000011111000001111100 00011111000001111100000111110000011110000001111100000011111100 00011111100000111111100000111
11	00000000000000000000001000001000000000000000000000000010000101 00000000000000000100000000100000001000100000100000100000000 0000100000000010000000000000
12	00000000000000000000001000001000000000000000100000000010000101 00000000000000000100000000100000000000000100000010000000000000 000000000000000100000000010
13	00000000000000000000000000001000000000000000100010000010000001 00000000100000001000100000000000001000100000001000100000000 00001000100000010000000010
14	00000000000000000000000000001010000000000001000100000000000101 00000000000100000000000000001000000000000010001000000000000000 00000000000000000000000000
15	00000000000000000000001000000000000010001010001000000000000001 00000100010000000100000000010000000000000010001010001000000000 00001000000000100000000000000
16	00000000000000000000000000001010000000000010001000001000000000 00000100010000000100000000010000000000000010000010001000000000 00001000100000101000000000000

№ задачи	Последовательность
17	00000000000000000000001000000010000000000010001000000000000101 00000000000100000000000000001000000010001000000001000100000000 0000100010000000100000000000
18	00000000000000000000000000001000000001000100000000000100000001 00000000000100000000000000001000000000000010001000000000000000 0000100010000000100000000000
19	00000000000000000000001000000010000010001000000000000000000101 00000000000000000100010000000000000010000010001000000000000000 000000000000000100000000010
20	00000000000000000000000000001010000000001000000000000100000101 00000000000100000100010000000000000100010000000000000000000000 0000000100000001000000000000

Набор полученных учебных задач может быть достаточно легко расширен по аналогии до заданного их количества. Для этого достаточно добавить соответствующее число последовательностей из нулей и единиц.

Заключение

Выполнен сравнительный анализ паспортов специальностей 05.13.01 и 2.3.1 связанных с системным анализом. Выявлены изменения, которые произошли в связи со сменой паспортов. Основные изменения связаны с искусственным интеллектом и со статистикой.

Рассмотрен последовательный анализ и полностью решенный пример, связанный с принятием или браковкой партии некоторой продукции. По аналогии подготовлен набор необходимых учебных задач для применения их в учебном процессе.

Последовательный анализ [12] нашел свое применение в области в распознавании образов и обучении машин. В некотором смысле можно полагать, что последовательный анализ может быть полезен изучающим нейронные сети на базе мемристоров. Отметим, что область исследования мемристоров [13, 14] в настоящее время очень активно развивается. На практике необходимо для учебного процесса разрабатывать эффективные программные средства и уделять больше внимания элементам системного анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волкова В.Н. Системный анализ информационных комплексов. — СПб.: Лань, 2016. — 336 с.
2. Качала В.В. Основы теории систем и системного анализа. — М.: Горячая линия — Телеком, 2012. — 210 с.
3. Системный анализ и принятие решений. Словарь-справочник: Учебное пособие / Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. — М.: Высшая школа, 2004. — 616 с.
4. Артюхин Г.А. Теория систем и системный анализ. Практикум принятия решений. — Казань: КГАСУ, 2016.
5. Вдовин В.М., Суркова Л.Е., Валентинов В.А. Теория систем и системный анализ: Учебник. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2010.
6. Кулик С.Д. Элементы системного анализа (эффективность систем): Учебное пособие. — М.: НИЯУ МИФИ, 2018. — 152 с.
7. Кулик С.Д. Элементы системного анализа (применение программных средств): Учебное пособие. — М.: НИЯУ МИФИ, 2019. — 204 с.
8. Кулик С.Д. Элементы системного анализа (фактографические системы): Учебное пособие. — М.: НИЯУ МИФИ, 2019. — 216 с.
9. Вальд А. Последовательный анализ. — М.: Физматгиз, 1960.
10. Кулик С.Д. Метод последовательного анализа для тестирования человека-оператора // Прикладная информатика, 2015. — Т. 10.— № 3(57). — С.100–108.
11. Ткаченко К.И. Автоматизированная информационная система формирования фактографических данных и ее применение для криминалистики, инновации и обучения. — Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 — системный анализ, управление и обработка информации (в информационных системах) /Научный руководитель: Кулик С.Д. — М.: НИЯУ МИФИ, 2017. — 263 с.
12. Фу К. Последовательные методы в распознавании образов и обучении машин. — М.: Наука, 1971. — 255 с.
13. Danilin S.N., Shchanikov S.A., Zuev A.D., Bordanov I.A., Sakulin A.E. The Research of Fault Tolerance of Memristor-Based Artificial Neural Networks //12th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE), IEEE, 2019. — pp. 539–544.
14. Danilin S.N., Shchanikov S.A., Sakulin A.E. & Bordanov I.A. Determining the Fault Tolerance of MemristorsBased Neural Network Using Simulation and Design of Experiments // Engineering and Telecommunication (EnT-MIPT). IEEE, 2018. — pp. 205–209.

© Кулик Сергей Дмитриевич (sedmik@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.24

СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Ледян Денис Игоревич
Аспирант, ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ»
denisledyan@gmail.com

Аннотация. В работе проводится комплексный анализ транспортно-логистических систем с использованием подходов системного анализа. Рассматриваются принципы функционирования системы как единого целого, а также взаимодействие между различными ее элементами. Используя методы моделирования и оптимизации, исследуются различные сценарии управления системой, оценивают эффективность и риски различных подходов к управлению. Особое внимание уделяется анализу влияния внешних факторов, таких как изменение экономических условий или транспортной инфраструктуры, на работу транспортно-логистической системы. Результаты исследования могут быть использованы для разработки стратегий оптимального управления транспортно-логистическими системами с учетом сложности взаимодействия между ее элементами и внешними факторами. Однако, отмечаются, что системный анализ не может учитывать все факторы, что может привести к ограниченности результатов исследования и необходимости уточнения моделей в зависимости от конкретных условий функционирования системы.

Ключевые слова: управление логистикой, транспортно-логистические системы, логистические принципы.

MANAGEMENT TOOLS FOR TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEMS

D. Ledyan

Summary: The paper provides a comprehensive analysis of transport and logistics systems using system analysis approaches. The principles of the functioning of the system as a whole, as well as the interaction between its various elements, are considered. Using modeling and optimization methods, various scenarios of system management are investigated, the effectiveness and risks of various management approaches are assessed. Particular attention is paid to the analysis of the impact of external factors, such as changes in economic conditions or transport infrastructure, on the operation of the transport and logistics system. The results of the study can be used to develop strategies for optimal management of transport and logistics systems, taking into account the complexity of the interaction between its elements and external factors. However, it is noted that the system analysis cannot take into account all factors, which may lead to limited research results and the need to refine models depending on the specific conditions of the system functioning.

Keywords: logistics management, transport and logistics systems, logistics principles.

Введение

Логистические системы — это сложные структурированные экономические системы, которые могут быть исследованы с помощью методов системного анализа [1]. Они состоят из различных элементов, взаимодействующих внутри единого цикла с целью достижения стратегических целей и задач компании [2]. Логистические системы также имеют развитые связи с внешней средой организации, что является важным аспектом системного подхода.

В рамках системного анализа логистические системы могут быть рассмотрены как сложные динамические системы, включающие в себя подсистемы, которые выполняют различные логистические функции [3]. Эти подсистемы взаимодействуют друг с другом и с внешней средой, воздействуя на циклы поставок и доставки товаров и услуг [4].

Цель данной статьи — проанализировать логистические системы организаций и определить наиболее эффективные стратегии управления ими. Кроме того, будет рассмотрен вопрос об оптимизации логистических систем, в том числе использование новых технологий и инновационных подходов, а также возможности для снижения затрат на логистику и увеличения оборота оборотного капитала.

В результате исследования будет получен полный обзор логистических систем организаций и их влияния на бизнес. Это позволит компаниям оптимизировать свои логистические системы, снизить затраты и увеличить свою конкурентоспособность.

Для достижения цели данной статьи необходимо:

— проанализировать логистические системы организаций и определить наиболее эффективные стратегии управления ими [5].
— изучить современные тренды и важные испытания перед логистическими системами. В частности, одним из ключевых испытанием для логистических систем является увеличение скорости поставок и доставки товаров, что требует от организаций более быстрой и эффективной работы своих логистических систем [6]. Другим требованием является увеличение объемов поставок и доставок, что может привести к увеличению затрат на логистику и ухудшению качества обслуживания.

Современные зарубежные ученые в своих исследованиях классифицируют логистические системы предприятия следующим образом: логистика закупок, организационная производственная логистика и логистика продаж организации [7]. Кроме того, существует транспортная логистика, которая выступает составным эле-

ментом во всех видах логистики. Также потоки логистической информации включены во все виды логистики и включают данные, относящиеся к потоку продукции, их систематизацию и обработку, передачу с последующей подачей необходимой информации [8].

Таким образом, создание эффективных транспортно-логистических систем требует не только учета основных принципов логистики и использования функционального подхода, но и развития интеграционных связей с партнерами, а также учета особенностей конкретной отрасли.

Глава 1. Теоретические основы логистических систем

Важным аспектом развития транспортно-логистических систем является также использование современных информационных технологий [9]. Они позволяют значительно повысить эффективность управления логистическими процессами, снизить издержки и повысить качество предоставляемых услуг. Среди таких технологий можно выделить автоматизированные системы управления складами и транспортом, системы мониторинга и контроля, системы прогнозирования спроса и т.д [10].

Кроме того, важным для эффективности транспортно-логистических систем является учет экологических факторов. Современные требования к экологической безопасности и экономической эффективности заставляют предприятия уделять большое внимание экологической составляющей логистических процессов [11]. Использование экологически чистых технологий, оптимизация маршрутов доставки и снижение выбросов вредных веществ становятся неотъемлемой частью современной логистики.

Наконец, следует отметить, что транспортно-логистические системы играют важную роль в экономике как страны в целом, так и отдельных регионов [12]. Развитие логистики способствует ускорению экономического роста и повышению конкурентоспособности предприятий. В связи с этим, государственная поддержка развития логистики и создание благоприятных условий для функционирования транспортно-логистических систем становятся важными задачами государственной политики в области экономического развития [13].

Важной частью управления логистическими системами является оптимизация затрат на логистику. Для этого необходимо анализировать структуру затрат на логистику и искать возможности для их снижения [14]. Например, можно оптимизировать маршруты доставки товаров, используя специализированные программные системы, а также уменьшить затраты на хранение и перевозку товаров, используя новые технологии

Также, для управления логистической системой важным является оптимизация планирования и управления запасами [15]. Недостаточный уровень запасов может привести к задержкам в поставках и удорожанию процесса, в то время как избыток запасов может привести к излишним расходам на хранение и потере прибыли из-за уменьшения оборота оборотного капитала [16]. Использование современных информационных технологий и методов математического моделирования может помочь оптимизировать процесс планирования и управления запасами, что приведет к снижению затрат на логистику и увеличению прибыли [17].

Глава 2. Технологии, позволяющие улучшить систему логистики

Для решения вышеперечисленных задач организации могут использовать новые технологии и инновационные подходы. Например, одним из таких подходов является использование систем автоматической идентификации и сбора данных (Auto-ID), которые позволяют быстро и точно отслеживать перемещение товаров по логистической цепочке [18]. Также можно использовать системы автоматической упаковки и погрузки товаров, которые помогают увеличить скорость и точность работы логистических систем [19].

Однако, для того чтобы эффективно использовать новые технологии и инновационные подходы, необходимо учитывать взаимодействие различных элементов логистической системы и оптимизировать их работу с учетом специфики организации и ее бизнес-модели [20]. Например, для организаций с большими объемами поставок и доставок может быть эффективнее использовать централизованные логистические системы, в то время как для организаций с меньшими объемами может быть более эффективно использовать децентрализованные логистические системы [21].

В современных научных исследованиях подчеркиваются следующие принципы логистических систем: глобальная оптимизация и систематичность, изменчивость и полнота, надежность и научность, структурность и конкретность [22]. Важно отметить, что при создании транспортно-логистических систем целесообразно использовать функциональный подход, который позволяет внедрять новые решения в области организационной структуры предприятия, основанные на идеях реинжиниринга и учитывающие ориентацию на потребителя [23]. Также создание транспортно-логистических систем предполагает развитие интеграционных связей с потенциальными партнерами, в которые могут быть вовлечены конкуренты.

В целях повышения устойчивости функционирования железнодорожного транспорта в настоящее время

необходимо решать задачи по снижению затрат, совершенствованию управления транспортным процессом, обоснованию нормативов трудовых, финансовых и материальных ресурсов [24]. Особое значение в условиях конкуренции имеет исследование новых форм интеграции железнодорожного и других видов транспорта, таможенных органов, грузоотправителей, грузовладельцев и других участников логистической цепочки распределения товаров.

Одним из возможных подходов к оптимизации логистической системы является использование концепции «just-in-time» (JIT), которая предполагает получение и обработку заказов в максимально короткие сроки, с минимальным уровнем запасов. Этот подход позволяет сократить затраты на хранение запасов и повысить гибкость логистической системы [25].

Однако, при использовании JIT, важно учитывать риски, связанные с возможными задержками в поставках, а также возможными изменениями во внешней среде, которые могут привести к нехватке запасов. Поэтому важно разработать стратегии рискового управления и установить эффективные системы контроля качества [26].

Одним из примеров успешного использования JIT является Toyota Production System, который позволяет сократить затраты на логистику и увеличить прибыль [27]. Однако, важно понимать, что каждая логистическая система имеет свои особенности и требует индивидуального подхода.

Также важно учитывать влияние внешних факторов на логистическую систему. Изменение экономических условий, политические и социальные изменения, а также изменения в транспортной инфраструктуре могут привести к изменению логистической стратегии компании [28]. Поэтому, для успешного управления логистической системой необходимо постоянно анализировать внешнюю среду и быстро реагировать на изменения.

Таким образом, логистические системы играют ключевую роль в эффективном функционировании организаций. Использование системного анализа позволяет более глубоко понимать принципы их функционирования, выявлять проблемы и оптимизировать процессы управления. Важно также учитывать изменчивость внешней среды и быстро реагировать на изменения, которые могут повлиять на работу логистической системы.

Заключение

Оптимизация логистических систем является ключевым элементом увеличения конкурентоспособности организации. Внедрение новых технологий, применение инновационных подходов, снижение затрат и повышение оборота оборотного капитала — все это может быть достигнуто при правильной стратегии управления логистической системой.

В заключение, следует отметить, что системный анализ — это мощный инструмент для изучения и оптимизации логистических систем организаций. Использование этого подхода позволяет более глубоко понимать принципы функционирования системы, выявлять ее проблемы и решать их, а также оптимизировать процессы управления. Однако, необходимо помнить, что системный анализ не может учитывать все факторы, что может привести к ограниченности результатов исследования. Поэтому, для достижения максимальной эффективности управления логистической системой, необходимо использовать не только системный анализ, но и другие методы и инструменты управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Системный подход в управлении логистическими системами» (2022) авторы: И. Никитина, М. Кузнецов, А. Карпова.
2. Ivanov, D., & Tsipoulanidis, A. (2021). Logistics system digitalization: Insights from COVID-19. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 153, 102222.
3. Wang, X., & Chen, J. (2020). A survey of logistics system optimization based on intelligent transportation technologies. IEEE Access, 8, 232820–232836.
4. Li, Q., Dong, X., & Chen, H. (2019). Research on the logistics system of fresh agricultural products based on internet of things. In 2019 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (ICITBS) (pp. 9–12).IEEE.
5. Lee, Y.H., & Moon, J.H. (2018). Evaluating the efficiency of logistics systems using fuzzy AHP and DEA. International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice, 25(5), 296–309.
6. «Анализ эффективности логистических систем на основе метода анализа иерархий» (2020) авторы: А. Смирнов, С. Рыбакова.
7. Luo, X., & Huang, Y. (2017). Research on the optimization of logistics system based on the internet of things technology. In 2017 2nd International Conference on Computer Science and Technology, Automation and Control Systems (CSTA) (pp. 453–456). IEEE.
8. Lehnert, R., & Knemeyer, A.M. (2020). Logistics system integration: An empirical investigation of supplier relationships. Journal of Business Logistics, 41(3), 230–244.
9. Lin, Z., & Tang, M. (2019). Construction of a risk assessment model for logistics system based on fuzzy comprehensive evaluation. In 2019 4th International Conference on Mechanical, Control and Computer Engineering (ICMCCE 2019) (pp. 365–370). Atlantis Press.
10. Zhang, Y., & Yu, J. (2018). An analysis of logistics system optimization based on the internet of things technology. In 2018 International Conference on Control, Robotics and Cybernetics (CRC) (pp. 289–292). IEEE.

11. Li, H., & Li, H. (2017). Research on the optimization of the logistics system based on big data. In 2017 International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM) (pp. 1–5). IEEE.
12. Yu, J., & Wang, L. (2016). Optimization of the logistics system based on internet of things. In 2016 2nd IEEE International Conference on Computer and Communications (ICCC) (pp. 872–875). IEEE.
13. Deng, H., Zhang, M., & Chen, Y. (2021). An evaluation of the competitiveness of China's logistics system using the entropy-TOPSIS method. Sustainability, 13(9), 4857.
14. Jiao, Y., & Li, Y. (2020). A study on the optimization of logistics systems based on artificial intelligence. In 2020 IEEE 3rd International Conference on Information and Computer Technologies (ICICT) (pp. 388–391). IEEE.
15. «Оценка технологических инноваций в логистических системах» (2019) авторы: Д. Бурлаков, А. Попов, С. Курочкин.
16. Liu, J., & Jiang, H. (2019). Research on the optimization of logistics system based on big data analysis. In 2019 IEEE 5th International Conference on Computer and Communications (ICCC) (pp. 1187–1191). IEEE.
17. «The role of automation in logistics systems: a review of recent developments» (2021) by J. Liu and Y. Zhang
18. «The impact of Auto-ID technology on logistics performance: a meta-analysis» (2018) by M. Li and L. Liang
19. «A comparative study of centralized and decentralized logistics systems in the context of sustainability» (2020) by S. Zhou, et al.
20. «System dynamics modeling of logistics systems: a review of recent literature» (2019) by R. Wang and Y. Xu
21. «Инновационный потенциал логистических систем в условиях цифровой экономики» (2018) авторы: О. Смирнов, В. Попов, Н. Заварзина.
22. «Assessing the efficiency of logistics systems using data envelopment analysis: a review» (2021) by C. Wang and X. Chen
23. «A decision support framework for selecting logistics system architectures» (2019) by H. Zhang and Y. Xie
24. «Green logistics in decentralized logistics systems: a case study of a food retailer» (2018) by E. Chan and T. Wong
25. «Сравнительный анализ централизованных и децентрализованных логистических систем» (2017) авторы: Л. Иванов, А. Кузнецов.
26. «Logistics system design in the era of Industry 4.0» (2020) by J. Wang and Y. Chen
27. «The impact of e-commerce on logistics systems: a review of recent research» (2017) by X. Zhang and Q. Hu
28. «Exploring the use of blockchain technology in logistics systems» (2019) by K. Lee and S. Kim

© Ледян Денис Игоревич (denisledyan@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.26

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СПОСОБ ГЕНЕРАЦИИ ТЕСТОВЫХ СЦЕНАРИЕВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ КОРРЕКТНОСТИ ПЕРЕХОДОВ МЕЖДУ ЭЛЕМЕНТАМИ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

AN AUTOMATED WAY TO GENERATE TEST SCENARIOS TO CHECK THE CORRECTNESS OF TRANSITIONS BETWEEN ELEMENTS OF A MOBILE APPLICATION

N. Naumova
I. Barsukov
E. Mashina
D. Bostrikova

Summary: The article describes the method proposed by the authors for solving the task of automating the testing of the user interface of a mobile application.

The presented solution is designed to test the functionality of the mobile application under test and includes checking the capabilities of the user interface, including interaction with controls, navigation, and response to user input. The novelty of the proposed method consists of the developed universal method of testing the user interface of mobile applications, organised using the PageObject pattern.

The proposed approach allows you to automatically generate test scenarios based on the analysis of transitions between application pages while providing the greatest coverage of transitions and methods associated with them, which allows you to effectively investigate the functionality and behaviour of the user interface of the mobile application under test.

Keywords: system testing, test automation, user interface testing, code generation, mobile testing, PageObject pattern.

Наумова Надежда Александровна
Преподаватель, Национальный исследовательский университет ИТМО (г. Санкт-Петербург)
nnaumova@niuitmo.ru
Барсуков Илья Александрович
Преподаватель, Национальный исследовательский университет ИТМО (г. Санкт-Петербург)
265478@niuitmo.ru
Машина Екатерина Алексеевна
Преподаватель, Национальный исследовательский университет ИТМО (г. Санкт-Петербург)
mashina.katherina@niuitmo.ru
Бострикова Дарья Константиновна
Преподаватель, Национальный исследовательский университет ИТМО (г. Санкт-Петербург)
265065@niuitmo.ru

Аннотация. В статье описывается предложенный авторами способ решения задачи автоматизации тестирования пользовательского интерфейса мобильного приложения.

Представленное решение предназначено для проверки функциональности тестируемого мобильного приложения и включает в себя проверку возможностей пользовательского интерфейса, включая взаимодействие с элементами управления, навигацию, и реакцию на ввод пользователя. Новизна предлагаемого способа состоит в разработанном универсальном способе тестирования пользовательского интерфейса мобильных приложений, организованного с использованием паттерна PageObject.

Предлагаемый подход позволяет автоматически генерировать тестовые сценарии, основанные на анализе переходов между страницами приложений, обеспечивая при этом наибольшее покрытие переходов и методов, связанных с ними, что позволяет эффективно исследовать функциональность и поведение пользовательского интерфейса тестируемого мобильного приложения.

Ключевые слова: системное тестирование, автоматизация тестирования, тестирование пользовательских интерфейсов, генерация кода, мобильное тестирование, паттерн PageObject

Введение

Системное тестирование является одним из видов испытаний программного обеспечения и охватывает широкий спектр проверок системы в целом [1]. Этот вид тестирования выполняется на завершенной системе с целью определения ее работоспособности и соответствия полученного результата заданным ожиданиям.

В общем случае осуществление системного тестирования требует разработки плана тестирования, создания тестовых сценариев, выполнения тестов и анализа результатов, что в большинстве случае представляет собой достаточно трудоемкий процесс при тестировании мобильных приложений с единой логикой, но различной реализацией, вызванной различиями между платформами, для которых предназначено решение [2].

Поскольку бурный рост создаваемых мобильных приложений сегодня является одним из основных трендов развития информационных технологий во всех сферах, создание универсальных автоматизированных процессов тестирования таких решений является одним из способов повышения эффективности всей IT-отрасли [3].

В данной работе описывается предложенный авторами способ решения задачи автоматизации проверки пользовательского интерфейса мобильного приложения в рамках системного тестирования [4]. Представленное решение направлено на проверку функциональности тестируемого мобильного приложения и включает в себя тестирование возможностей пользовательского интерфейса, включая взаимодействие с элементами управления, навигацию реакцию на ввод пользователя [5].

Новизна предлагаемого решения состоит в разработанном универсальном способе тестирования пользовательского интерфейса мобильных приложений, организованного с использованием паттерна PageObject, который широко применяется для управления и организации элементов пользовательского интерфейса на отдельных страницах и экранах приложения [6]. Это позволяет представлять каждую страницу приложения в виде отдельного объекта, который инкапсулирует все элементы интерфейса и операции, связанные с этой страницей, что позволяет абстрагировать тестовые сценарии от деталей реализации интерфейса и упрощает поддержку автоматизированных тестовых сценариев при изменении интерфейса. Кроме того, применение PageObject дает возможность определить единый и надежный способ перехода между страницами приложения и взаимодействия с элементами интерфейса, что позволяет более эффективно управлять элементами пользовательского интерфейса и проверять корректность переходов между различными страницами приложения, поскольку подобные переходы всегда определяются единственным образом, благодаря чему точно известно, на какую страницу будет произведен переход при какой-либо комбинации действий на текущей странице.

Таким образом, взаимодействия пользователя с элементами пользовательского интерфейса можно описать в виде графа переходов, который определяет тестовое покрытие системы, на основании чего возможно начать создавать необходимое универсальное решение для тестирования мобильных приложений.

Модификация подхода к генерации объектов страниц

В качестве основы подход к организации процесса тестирования был выбран подход генерации объектов страниц. В используемом авторами подходе к созданию тестов особый интерес представляют функции реализации методов взаимодействия с элементами страниц, состоящие из определенного доступного списка действий, таких как нажатие на элемент, ввод символов в текстовое поле, очистка текстового поля [7]. Для обеспечения корректного взаимодействия с ними необходимо определить название возвращаемого объекта страницы в блок описания интерфейса объектов страниц, а также изменить в классах-реализациях переопределяемые функции, добавив им тип возвращаемого значения в соответствии с указанным выше в описании интерфейса и возврат из метода соответствующего объекта страницы в зависимости от типа целевой платформы.

Модифицированное описание объектов страниц представлено в листинге 1.

```
type: dialog
common:
fields:
— LAYOUT_ID
functions:
— setup : SetupPasscodeFragment
name: SetupPasscodeDialog

android:
fields:
 LAYOUT_ID: confirm_dialog
 okBtnId: ok_btn
functions:
 setup:
 — click okBtnId
```

Листинг 1. Описание объекта страницы с добавлением переходов

Представленное модифицированное описание объектов страниц позволяет построить граф переходов между страницами мобильного приложения.

Построение графа переходов

Поскольку функция перехода всегда единственным образом определяет, из какого объекта страницы в какой произойдет переход, полученное в ходе разбора описание объектов страниц можно рассматривать в терминах графа, где вершинами являются объекты страниц, а ребрами — функции перехода [8, 9].

Для решения задачи создания корректного описания переходов предлагается создать сущность перехода, которая содержит информацию о методе, реализующем переход, и названии страницы, на которую был произведен переход, а также разработать словарь переходов, где ключом выступает название текущего объекта страницы, а значением — список ранее определенных сущностей переходов из данной страницы. Кроме того, в описываемом решении предлагается создать словарь циклов, где ключом является название текущего объекта страницы, а значением — список методов, осуществляющих переходы из текущего объекта страницы в этот же объект страницы.

После осуществления парсинга текстовых описаний и перед началом генерации объектов страниц произво-

дится сбор информации о переходах. Данный процесс реализован путем итерации по списку тестовых спецификаций, полученному при анализе текстовых описаний, и сбора необходимой информации в словари переходов и циклов, что позволяет получить полную карту переходов между страницами и их методами, которая будет использоваться в дальнейшем при автоматической генерации тестовых сценариев [7].

Полученная при этом информация представляет собой ориентированный мультиграф:

$$G = (V, E, I),$$

где V — множество объектов страниц, E — множество функций осуществления переходов, I — функция, ставящая любому ребру в соответствие упорядоченную пару вершин $(x, y) \in V \times V$.

При этом следует учитывать, что рассматриваемый граф, в сущности, является мультиграфом, поскольку очевидно, что существует множество функций осуществления переходов L, являющимися петлями в конечном графе из-за того, что они производят проверку функциональности самого объекта страницы, но не переход на другой объект. Такие функции не будут рассмотрены как возможные пути и будут добавлены в конечный набор тестов сразу же, как только алгоритм окажется в вершине. Таким образом, дальнейшему анализу будет подвергаться ориентированный граф $G' = (V, E\backslash L, I)$, по которому и будет производиться поиск путей [10].

Для генерации тестовых сценариев на основе переходов между страницами мобильных приложений авторами описываемого решения предлагается применить метод реберной покраски с обходом графа в глубину с использованием веса пути. Этот подход основывается на выполнении обхода графа, в случае, когда выбор следующего ребра основан на поиске минимального веса ребра $\min\{e_1, e_2, \ldots e_n\} : e \in V_i, e \in V_{i+1}$ до следующей непосещенной вершины V_{i+1} на пути к достижению последней вершины, которая, в данном случае, представляет последний объект страницы, все пути из которого ведут в уже посещенные объекты страниц.

В процессе такого обхода графа выбираются петли $L_i : L_i \in V_i$ и добавляются в список действий, которые будут использованы для текущего тестового сценария (при этом, из набора петель подобные пути убираются во избежание возрастания числа одинаковых тестовых сценариев). Когда все вершины, в которые ведут рёбра, уже посещены, выбирается минимальное ребро, после чего маршрут считается законченным, в результате чего будет получен новый тестовый сценарий. Следующим шагом алгоритм убирает последнее ребро, после чего запускает поиск маршрута заново. Если все рёбра из $E\backslash L$ были посещены хотя бы раз, считается, что был построен набор необходимых тестовых сценариев, и алгоритм заканчивает работу.

Таким образом, получается определить путь по вышеописанному графу, состоящий из функций и объектов страниц, представленный в виде начальной страницы и списка пар функции перехода и страницы, на которую будет осуществлен переход. Созданный таким образом список преобразовывается в тестовый сценарий. После этого ребро, соединяющее текущую и предыдущую вершины, удаляется, так как считается, что этот вариант уже проверен. Если после удаления ребра пути в данную вершину больше не остается, то эта вершина также удаляется.

После завершения процедуры удаления вершин осуществляется построение пути от начальной вершины с повторением описанных выше шагов.

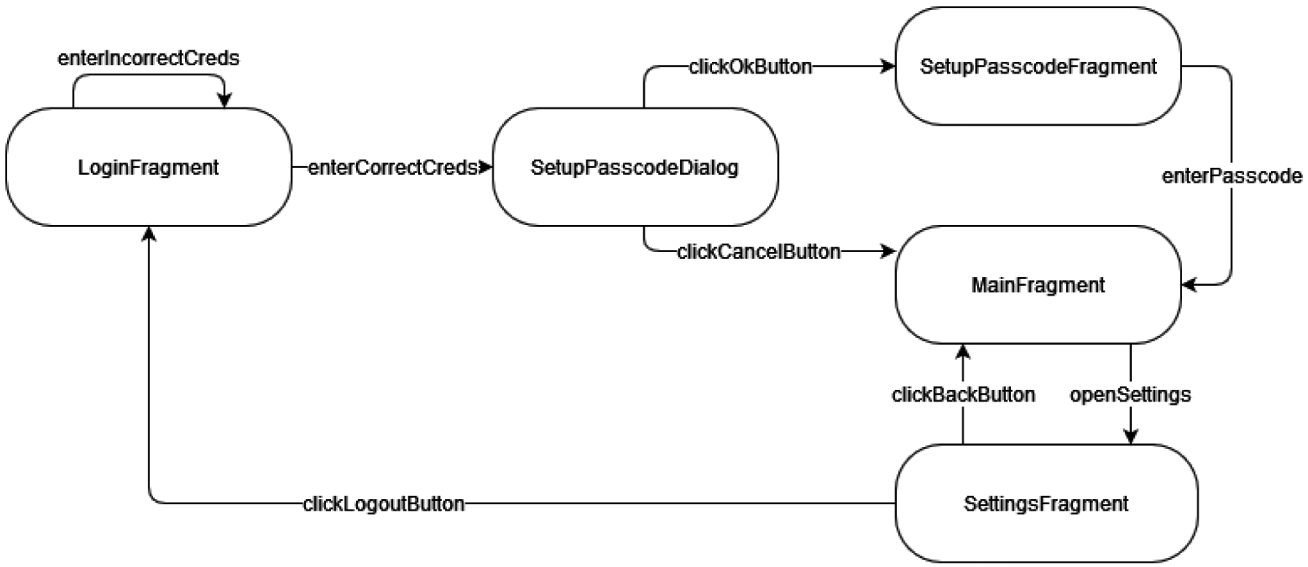


Рис. 1. Граф переходов между страницами приложения

Таблица 1.

Таблица переходов между состояниями приложения

From \ To	LoginFragment	SetupPasscodeDialog	SetupPasscodeFragment	MainFragment	SettingsFragment
LoginFragment	enterIncorrectCreds	enterCorrectCreds	–	–	–
SetupPasscodeDialog	–	–	clickOkButton	clickCancelButton	–
SetupPasscodeFragment	–	–	–	enterPasscode	–
MainFragment	–	–	–	–	openSettings
SettingsFragment	clickLogoutButton	–	–	clickBackButton	–

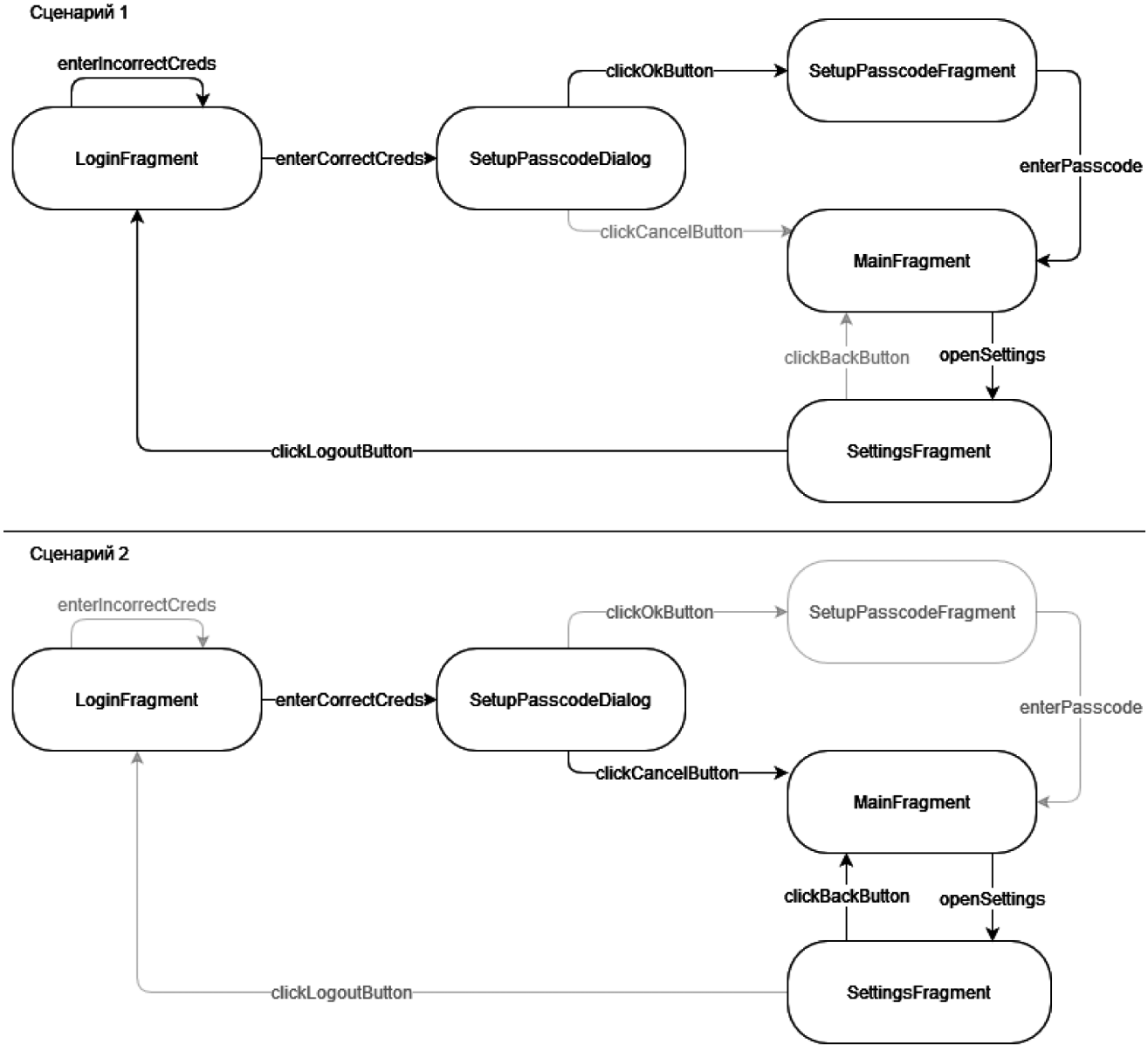


Рис. 2. Визуализация тестовых сценариев, полученных в результате работы алгоритма обхода графа

Реализация тестового сценария

Для генерации тестовых сценариев используется подход, основанный на использовании заранее созданных тестовых сценариев. В этом подходе класс теста служит шаблоном, а метод без тела выступает в качестве шаблона для тестового метода. Далее производится проход по списку пар функции перехода и страницы вида (f_i, p_i),

где f_i — функция перехода на i-том шаге, а p_i — страница, на которую будет осуществлен переход при помощи f_i. Для этой пары выполняется следующая последовательность действий: выбирается переменная типа p_{i-1}, созданная на i – 1 шаге, у него вызывается метод f_i. Результат выполнения записывается в переменную с типом p_i. Данный алгоритм выполняется для всего списка пар, получая, тем самым, тестовый сценарий.

Далее рассмотрим упрощенный сценарий взаимодействия пользователя с мобильным приложением.

На первом шаге взаимодействия с приложением пользователь попадает на страницу логина, где имеется возможность осуществить следующие переходы: остаться на текущей странице логина в случае ввода неправильной пары логин-пароль и нажатия кнопки входа в аккаунт, или перейти в диалоговое окно, предлагающее создать короткий пин-код для аккаунта. В случае отказа от создания пин-кода пользователь будет перенаправлен на главную страницу приложения, а если пользователь решит создать пин-код, он будет перенаправлен на страницу ввода пин-кода. После успешного ввода пин-кода на странице ввода, пользователь будет перенаправлен на главную страницу приложения. На главной странице приложения есть возможность осуществить переход на страницу настроек. На странице настроек пользователь может вернуться на главную страницу приложения или выйти из аккаунта и попасть на страницу логина. Взаимодействие пользователя с приложением можно представить в виде графа переходов, представленного на рисунке 1.

На основании этого графа составлена таблица переходов, представленная в таблице 1, а также текстовое описание страниц приложения. Пример описания интерфейса страницы логина представлен в листинге 2.

```
type: fragment
common:
fields:
— LAYOUT_ID
functions:
— enterCorrectCreds : SetupPasscodeDialog
— enterIncorrectCreds : LoginFragment
name: LoginFragment
```

Листинг 2. Пример описания интерфейса страницы входа в аккаунт

На следующем шаге текстовые описания используются в усовершенствованной системе генерации; таким образом, в ходе работы алгоритма обхода графа получены следующие переходы (рисунок 2), на основании которых сгенерирован исходный код, представленный в листинге 3.

```
class Test {
private lateinit var driverEntity: DriverEntity

@Test(dataProvider = «ProvideDriver», dataProviderClass = DriversUtils::class)
fun test1(driverEntity: DriverEntity) {
this.driverEntity = driverEntity
val wait = WebDriverWait(driverEntity.driver, 60)
val platformName = driverEntity.platform
val driver = driverEntity.driver

val page1 = LoginPageObjectProvider.provide(driver, platformName)
val page2 = page1.enterIncorrectCreds()
val page3 = page2.enterCorrectCreds()
val page4 = page3.clickOkButton()
val page5 = page4.enterPasscode()
val page6 = page5.openSettings()
val page7 = page6.clickLogoutButton()
}

@Test(dataProvider = «ProvideDriver», dataProviderClass = DriversUtils::class)
fun test2(driverEntity: DriverEntity) {
this.driverEntity = driverEntity
val wait = WebDriverWait(driverEntity.driver, 60)
val platformName = driverEntity.platform
val driver = driverEntity.driver

val page1 = LoginPageObjectProvider.provide(driver, platformName)
val page2 = page1.enterCorrectCreds()
val page3 = page2.clickCancelButton()
val page4 = page3.openSettings()
val page5 = page4.clickBackButton()
}

@AfterMethod
fun tearDown() {
try {
when (driverEntity.platform) {
is ANDROID -> driverEntity.driver.resetApp()
is IOS -> driverEntity.driver.removeApp(bundleId)
}
} catch (ignored: Exception) {}
}
}
}
```

Листинг 3. Результат работы генератора исходного кода тестовых сценариев

Отметим, что в контексте данной работы тестовые сценарии выполняют функцию проверки корректности переходов между страницами мобильного приложения. Это достигается за счет особенности инициализации каждого объекта страницы, который проверяет текущую страницу путем сравнения идентификатора фрагмента [7]. Идентификатор фрагмента является уникальным идентификатором, определяющим текущий открытый

фрагмент в приложении. Таким образом, проверка идентификатора фрагмента позволяет убедиться в корректности произведенного перехода.

Проверка полноты тестового покрытия

Для проведения измерений полноты тестового покрытия в данном исследовании был использован следующий методологический подход. В первую очередь был определен набор сценариев использования, которые охватывали функциональные возможности приложения [11]. Затем были разработаны текстовые описания на основе указанных сценариев использования. После этого были сгенерированы тестовые сценарии на основе представленных текстовых описаний.

После выполнения всех тестовых сценариев был проведен анализ результатов для определения количества компонентов пользовательского интерфейса, покрытых тестами. Затем, основываясь на общем количестве компонентов и количестве покрытых тестами компонентов в каждом из определенных сценариев, был рассчитан процентный показатель полноты тестового покрытия приложения.

Такой подход позволяет объективно измерить степень покрытия приложения тестами, исходя из набора сценариев использования и соответствующих им тестовых сценариев [12].

Это позволяет оценить эффективность применяемых методов тестирования и обеспечить достаточный охват функциональных возможностей приложения тестами. Результаты измерения представлены на рисунке 3.

В ходе анализа результатов измерений было обнаружено, что использование графа переходов в процессе тестирования приложений существенно снижает скорость уменьшения процента тестового покрытия при внедрении новой функциональности, по сравнению с применением метода сценариев использования. Полученные результаты показывают, что граф переходов демонстрирует высокую эффективность в поддержании высокого уровня тестового покрытия при внедрении новых возможностей. Они демонстрируют устойчивую тенденцию к росту с каждым последующим выпуском приложения, что приводит к увеличению общего объема протестированных компонентов приложения. Таким образом, использование графов перехода позволяет эффективно управлять тестовым покрытием при добавлении новой функциональности и обеспечивает стабильный и контролируемый рост покрытия приложения в сравнении с использованием сценариев использования.

Специалист по контролю качества, проводящий ручную проверку, ограничивается только стандартными пользовательскими сценариями, не уделяя должного внимания более сложным взаимодействиям с большим числом страниц приложения. В отличие от этого, граф переходов охватывает не только все стандартные про-

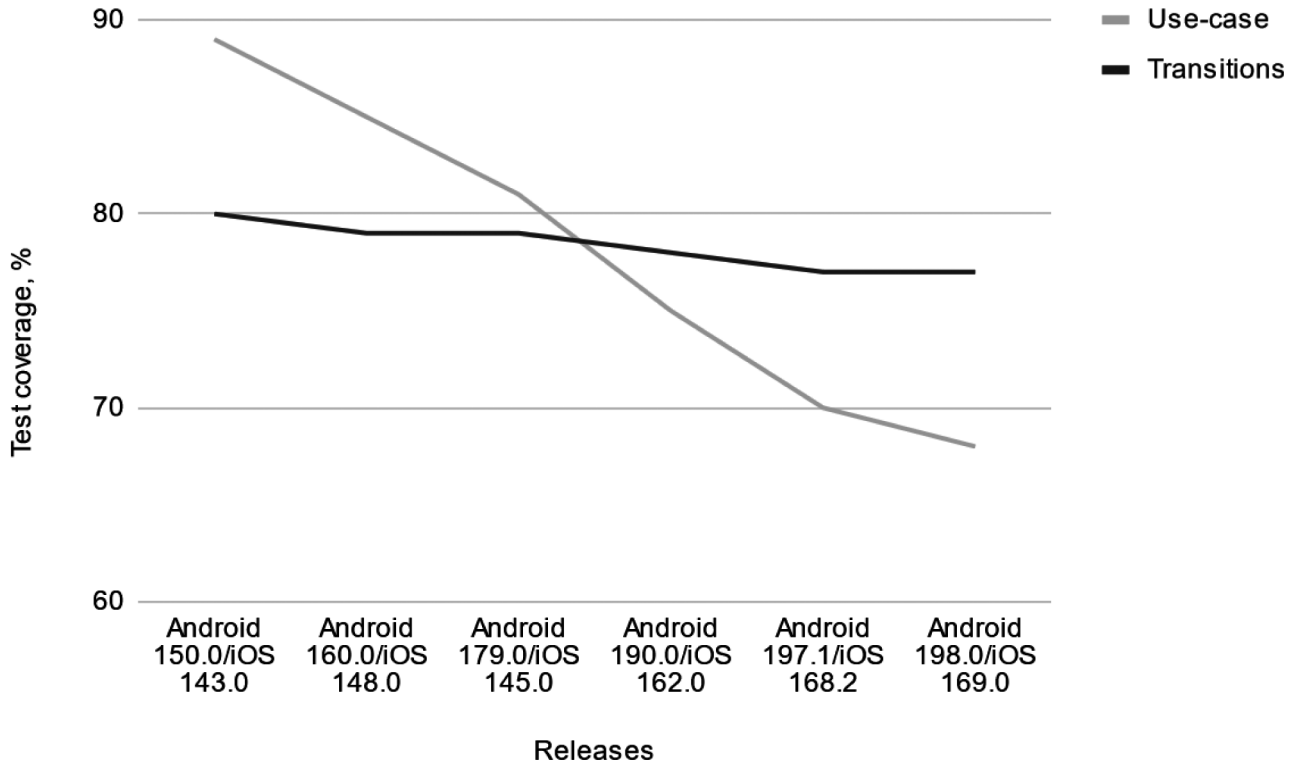


Рис. 3. График изменения меры полноты тестового покрытия при увеличении количества функциональности

верки, но и менее очевидные переходы, что способствует достижению более полного тестового покрытия и, следовательно, выпуску более стабильных версий приложений. Кроме того, такой подход является эффективным для регрессионного тестирования и со временем становится все более экономически оправданным, поскольку инженер по контролю качества не тратит время на повторную проверку ранее проведенных тестов.

Более того, в контексте новой функциональности, генератор исходного кода для проведения тестирования демонстрирует преимущество по сравнению с полной ручной проверкой. Благодаря системе генерации, тестирование может быть проведено более эффективно и быстро, поскольку он позволяет избежать полного ручного тестирования с самого начала.

Дефекты с переменными условиями либо дефекты с неясной процедурой воспроизведения представляют собой сложные сценарии, возникающие в результате непредсказуемых действий пользователей, которые инженер по контролю качества не в состоянии предвидеть и покрыть базовыми проверками функциональности. Подобные дефекты проявляются только в рабочей среде в виде стека вызовов. Однако применение графа переходов в контексте тестирования масштабных приложений позволяет раньше обнаруживать подобные дефекты, поскольку он охватывает не только очевидные сценарии использования, но и общую структуру приложения в целом. За счет выполнения комплексного набора действий в процессе тестирования обнаружение и локализация дефектов с неясной процедурой воспроизведения упрощаются до момента развертывания приложения в среде пользователя.

Заключение

Как следует из приведенных выше результатов сравнения, предложенный авторами подход к генерации тестовых сценариев для проверки корректности переходов между объектами мобильного приложения позволяет автоматически генерировать тестовые сценарии, основанные на переходах между страницами приложений, обеспечивая наибольшее по сравнению со своими аналогами, применяемыми на сегодняшний день при тестировании мобильных приложений, покрытие переходов и методов, связанных с ними, и позволяя эффективно исследовать функциональность и поведение пользовательского интерфейса мобильных приложений.

В связи с этим можно утверждать, что использование предлагаемого подхода к построению тестовых сценариев для проверки работоспособности мобильных приложений существенно повышает как качество тестирования, так и общую производительность разработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sommerville I. Engineering Software Products: An Introduction to Modern Software Engineering: Pearson, 2019. 352 p.
2. Linares-Vásquez M., Moran K., Poshyvanyk D. Continuous, evolutionary and large-scale: A new perspective for automated mobile app testing // 2017 IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution (ICSME). — IEEE. 2017. — С. 399–410.
3. Husmann M., Spiegel M., Murolo A., Norrie M. C. UI testing cross-device applications // Proceedings of the 2016 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces. — 2016. — С. 179–188.
4. Ubaidilah M.F., Permatasari D.I., Hardiansyah F.F. Automated Test on Multiple Platform Framework Development // 7th International Conference on Sustainable Information Engineering and Technology 2022. — 2022. — С. 316–319.
5. Abuaddous H.Y., Saleh A.M., Enaizan O., Ghabban F., AlBadareen A.B. Automated User Experience (UX) Testing for Mobile Application: Strengths and Limitations. // International Journal of Interactive Mobile Technologies. — 2022. — Т. 16, No 4.
6. Morgado I.C., Paiva A.C., Faria J.P. Automated pattern-based testing of mobile applications // 2014 9th International Conference on the Quality of Information and Communications Technology. — IEEE. 2014. — С. 294–299.
7. Барсуков И.А., Наумова Н.А., Бострикова Д.К., Машина Е.А. Создание унифицированных механизмов автоматизированного тестирования приложений для мобильных устройств // Инженерный вестник Дона. 2023. №5.
8. Karlsson S., Čaušević A., Sundmark D., Larsson M. Model-based automated testing of mobile applications: an industrial case study // 2021 IEEE International Conference on Software Testing, Verification and Validation Workshops (ICSTW). — IEEE. 2021. — С. 130–137.
9. Keng J.C.J., Jiang L., Wee T.K., Balan R.K. Graph-aided directed testing of android applications for checking runtime privacy behaviours // Proceedings of the 11th International Workshop on Automation of Software Test. — 2016. — С. 57–63.
10. Epp S. S. Discrete mathematics with applications. 4th edition: Cengage learning, 2010. 984 p.
11. Vilkomir S. Multi-device coverage testing of mobile applications // Software quality journal. — 2018. — Т. 26, No 2. — С. 197–215.
12. Ivanković M., Petrović G., Just R., Fraser G. Code coverage at Google // Proceedings of the 2019 27th ACM Joint Meeting on European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering. — 2019. — С. 955–963.

© Наумова Надежда Александровна (nnaumova@niuitmo.ru); Барсуков Илья Александрович (265478@niuitmo.ru);
Машина Екатерина Алексеевна (mashina.katherina@niuitmo.ru); Бострикова Дарья Константиновна (265065@niuitmo.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.29

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ «ВЫБОР СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ КРИТИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ИНФРАСТРУКТУР» НА ОСНОВАНИИ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

SIMULATION OF THE CONTROL SYSTEM «CHOICE OF PROTECTION MEANS FOR OBJECTS OF CRITICAL INFORMATION INFRASTRUCTURES» BASED ON EXTERNAL INFLUENCE

K. Pestrakova

Summary: A methodology for modeling the control system «Choice of protection means for CII objects» has been developed. The model of the control system is presented and its description is given. The problem of optimal control of the developed system is formulated.

Keywords: control system, control system model, control object, control subject, external environment, critical information infrastructures, objects of critical information infrastructures.

Пестракова Кристина Александровна
Аспирант, Брянский государственный технический университет
kris.siniczckaia@yandex.ru

Аннотация: Разработана методика моделирования системы управления «Выбор средств защиты для объектов КИИ». Представлена модель системы управления и дано ее описание. Сформулирована задача оптимального управления разработанной системы.

Ключевые слова: система управления, модель системы управления, объект управления, субъект управления, внешняя среда, критические информационные инфраструктуры, объекты критических информационных инфраструктур.

С каждым годом все актуальнее становятся проблемы, связанные с безопасностью информационных систем, данная ситуация объясняется ростом показателей инцидентов информационной безопасности, высокими показателями внедрения в различные сферы информационных технологий, и, конечно же увеличением случаев угроз, направленных на безопасность информации. Внедрение информационных технологий и обеспечение их безопасности наиболее востребованы в таких сферах, как банковская сфера, сфера здравоохранения, связи, транспорта, энергетики, сфера атомной энергии, оборонной, химической промышленности и других сферах. Данные сферы являются важными государственными областями и в таком случае потребность в обеспечении защиты информационных систем от угроз и атак это необходимое условие к предоставлению новых требований к объектам критических информационных инфраструктур (далее КИИ) [1,5].

Обеспечение безопасности на протяжении всего жизненного цикла объектов КИИ является важной и неотъемлемой задачей защиты информации. На субъекты КИИ возлагается право на определение требований безопасности объектов КИИ и на выбор мер и средств по их защите. При определении данных требований также должны учитываться категории значимости объектов КИИ [6,8]. Для решения обозначенных вопросов необходимо разработать новые методы, модели и методики, которые помогут специалистам, ответственным за обеспечение безопасности значимых объектов КИИ в кратчайшие сроки провести процедуру категорирования, оценки защищенности и выбора средств защиты для объектов КИИ. При этом для повышения эффективности и оптимизации процесса выбора средств защиты для объектов КИИ в соответствии с их категорией значимости целесообразно процедуру выбора автоматизировать, интегрировав в формальную систему, позволяющую на основе разработанных подходов выполнить требования по защите в соответствии с законодательством.

В рамках данной работы и на начальном этапе исследования разработана методика моделирования системы управления Выбор средств защиты для объектов КИИ (далее СУ ВСЗоКИИ), которая включается в себя описание модели системы управления, формулировку задачи оптимального управления данной системы. В дальнейшей работе планируется выявить критериев оптимальности и определить соответствующие ограничения.

Для всестороннего исследования проблем управления выбором средств защиты для объектов КИИ и при этом учитывая требования ФСТЭК, ФСБ и отраслевых регуляторов актуально применение инструментов теории управления. В данной трактовке формулируются условия для эффективного выбора средств защиты для объектов КИИ, учитывающих требования ФСТЭК, ФСБ и отраслевых регуляторов, а также предполагаемые управляющие воздействия по выполнению желаемых

результатов [7]. Управление выбором средств защиты для объектов КИИ на базе принципов и понятий теории управления учитывает динамику и обеспечивает объективную оценку возникающих изменений в объекте управления под воздействием внешней среды, возмущения которой изменяют задающее воздействие требования ФСТЭК, ФСБ и отраслевых регуляторов, что может привести к расхождению с поставленными целями [4]. Поэтому возникает необходимость в предоставлении программы для быстрого принятия корректирующих управленческих решений, с учетом влияния внешней среды и наблюдение несоответствия с требованиями ФСТЭК, ФСБ и отраслевых регуляторов [2].

Необходимо учитывать особенности функционирования системы управления при выборе средств защиты для объектов КИИ, поэтому в данном исследования предложена индивидуальная разработка методологии управления социально-экономическими системами. Для этого в предложенной методологии по отношению к разработанной СУ ВСЗоКИИ введены понятия и термины, которые также используют в теории управления. Важно отметить, что в предложенной методологии расписана не только структура этапов, но и представлены содержание и методика выбора средств защиты объектов КИИ на основе анализа внешней среды.

Разработанная методология управления выбором средств защиты объектов КИИ на основании анализа воздействия внешней среды и, учитывая критерии значимости объектов КИИ:

Этап 1: Формализация задающего воздействия требований ФСТЭК, ФСБ и отраслевых регуляторов в СУ ВСЗоКИИ.

Методика 1: Формализация задающего воздействия требований ФСТЭК, ФСБ и отраслевых регуляторов в СУ ВСЗоКИИ.

Содержание методики 1:
1. Определение основных задач и требований ФСТЭК, ФСБ и отраслевых регуляторов в качестве задающего воздействия СУ ВСЗоКИИ.
2. Сопоставление требований ФСТЭК, ФСБ и отраслевых регуляторов с основными этапами выбора средств защиты для объектов КИИ для дальнейшего определения управленческого воздействия.
3. Выявление требований ФСТЭК, ФСБ и отраслевых регуляторов, которые учитываются при классификации выбора средств защиты для объектов КИИ.
4. Определение главных требований ФСТЭК, ФСБ и отраслевых регуляторов (на которые стоит обратить внимание в первую очередь) и их предназначение в модели СУ ВСЗоКИИ.

Этап 2: Проецирование главных связей и компонентов СУ ВСЗоКИИ.

Методика 2.1: Моделирование СУ ВСЗоКИИ.

Содержание методики 2.1:
1. Построение модели СУ ВСЗоКИИ.
2. Разработка задачи оптимального управления в СУ ВСЗоКИИ.
3. Выбор критериев оптимальности.
4. Введение ограничений.

Методика 2.2: Характеристика объекта управления.

Содержание методики 2.2:
1. Порядок создания модели объекта управления СУ ВСЗоКИИ.
2. Классификация модели объекта управления с учетом предложенного подхода.
3. Создание модели выходных параметров объекта управления.

Методика 2.3: Обзор внешней среды.

Содержание методики 2.3:
1. Устройство модели внешней среды для выбора средств защиты объектов КИИ.
2. Классификация факторов внешней среды.
3. Создание модели возмущений внешней среды.
4. Анализ воздействия внешней среды на выбор средств защиты для объектов КИИ.

Этап 3: Исследование внешней среды.

Методика 3: Оценка состояния внешней среды в данный момент времени.

Содержание методики 3:
1. Создание модели измерительных устройств.
2. Анализ влияния измерительных устройств на составляющие СУ ВСЗоКИИ.
3. Определение количества связей, влияющих на СУ ВСЗоКИИ.
4. Генерирование ситуаций, на которые следует обратить внимание.
5. Построение модели возмущений на управляющее устройство, которые поступают от измерительных устройств.

Этап 4: Функция контроля в СУ ВСЗоКИИ.

Методика 4: Контроль состояния объекта управления в определенный промежуток времени и в конечном состоянии.

Содержание методики 4:
1. Создание модели функции контроля в СУ ВСЗоКИИ.

2. Проведение контроля в определенный промежуток времени в СУ ВСЗоКИИ.
3. Проведение контроля в конечном состоянии в СУ ВСЗоКИИ.

Этап 5: Назначение управленческих решений по выбору средств защиты для объектов КИИ с привлечение ресурсов СППР «Выбор» и учитывая задающее воздействие ФСТЭК, ФСБ и отраслевых регуляторов.

Методика 5: Обеспечение принятия управленческих решений по выбору средств защиты для объектов КИИ с учетом задающего воздействия на основании проведенного анализа влияния внешней среды.

Содержание методики 5:

1. Исследование управленческой ситуации, учитывая требования ФСТЭК, ФСБ и отраслевых регуляторов и влияние внешней среды.
2. Анализ управленческих проблем выбора средств защиты для объектов КИИ, при воздействии ФСТЭК, ФСБ и отраслевых регуляторов и внешней среды.
3. Определение альтернативного набора управленческих решений.
4. Подбор критериев для выбора решений из уже имеющихся альтернатив.
5. Учитывая набор сформированных критериев определение лучшего управленческого решения.
6. Реализация управленческого решения в отношении выбора средств защиты для объектов КИИ (конкретные действия).

В результате, разработанная методологии управления выбора средств защиты для объектов КИИ с учётом их категории значимости и на основании исследования внешней среды, даёт возможность реализовать процесс принятия управленческих решений выбора средств защиты для объектов КИИ с использованием разработанной СППР «Выбор» под воздействием требований ФСТЭК, ФСБ и отраслевых регуляторов и контролем НКЦКИ.

Модель системы управления ВСЗоКИИ представлена на рис. 1.

Модель СУ Выбор средств защиты для объектов КИИ в общем виде может быть представлена следующим множеством с использованием теоретико-множественного подхода (1):

$$СУ_{ВСЗоКИИ} = \{M, X, Y, Z, D\} \quad (1)$$

где M — множество компонентов $СУ_{ВСЗоКИИ}$ (2),

$$M = \left\{CO, CD, ED, EE, KD, \left\{MD_{\omega} \mid \omega = 1.2\right\}\right\} \quad (2),$$

где *CO* — объект управления (*control object*), *CD* — управляющее устройство (система поддержки принятия решений «Выбор» (*control device*)), *ED* — исполнительное устройство (абстрактный специалист по ИБ (*executive device*)), *EE* — внешняя среда (*external environment*), *KD* — контролирующее устройство (control device), MD_{ω} — два измерительных устройства (*measuring devices*), *X* — матрица управляющего воздействия, *Y* — матрица выход-

Рис. 1. Модель системы управления выбора средств защиты для объектов критических информационных инфраструктур

ных координат, *Z* — матрица задающего воздействия, *D* — множество воздействий внешний среды на объект управления через управляющее устройство.

Задающее воздействие *Z* в разработанной СУ ВСЗоКИИ представлено требованиями ФСТЭК, ФСБ и отраслевых регуляторов. Формализация задающего воздействия *Z* требований ФСТЭК, ФСБ и отраслевых регуляторов в СУ ВСЗоКИИ прописана в разработанной методологии. Задающее воздействие *Z* в первую очередь поступает на подсистему принятия решений, далее оно функционирует в операциях управляющего воздействия *X* и оказывает влияние на объект управления.

Управляющее воздействие *X* показывает ряд операций действующих в рамках требований ФСТЭК, ФСБ и отраслевых регуляторов. Особенности контролирующих устройств определяют выходные координаты. Что касаемо внешней среды *EE*, она создает возмущающие внешние воздействия, учитываемые подсистемой принятия решений. Информация, которая поступает из внешней среды на объект управления, переходит к измерительным устройствам (MD_1, MD_2). Измерительные устройства обрабатывают полученные данные и информируют о важности анализируемого влияния внешней среды на объект управления. Принятие во внимание факторов внешней среды происходит при помощи ряда правил, представляющие собой логические правила выбора корректирующих мероприятий (управленческих решений), повышения эффективности, оптимизации процесса выбора средств защиты.

Подсистема принятия решений состоит из управляющего устройства, которое представлено СППР «Выбор» и исполнительного устройство, которое представлено абстрактным специалистом по информационной безопасности. С помощью измерительного устройства СППР «Выбор» производит обработку информации о внешней среде в данный момент времени. Специалист по ИБ является пользователем СППР «Выбор». При проведении процедуры принятия управленческих решений для формирования матрицы управляющего воздействия специалист по ИБ обращается к СППР «Выбор». Программное обеспечение построено таким образом, что специалист по ИБ может быть недостаточно компетентен в вопросах моделирования и программирования, но при этом он быстро и четко сможет проанализировать, как внешняя среда влияет на объект управления, вычислить временной фактор принятия решений и выполнить корректирующие управленческие решения для реализации требований ФСТЭК, ФСБ и отраслевых регуляторов [4].

Задачу оптимального управления в СУ ВСЗоКИИ можно определить следующим образом. Под влиянием задающего воздействия требований ФСТЭК, ФСБ, отраслевых регуляторов в области ИБ необходимо подобрать такую последовательность действий, при которой объект управления (Средства защиты для объектов КИИ) получая информацию из внешней среды и учитывая возмущающие воздействия (Процедура регулирования отношений в области КИИ, процедура категорирования объектов КИИ) переходит из состояния начального момента (незащищенные объекты КИИ) в конечное состояние (защищенные объекты КИИ), при этом выполняется ряд правил, представляющих собой логические правила выбора корректирующих мероприятий (управленческих решений), повышения эффективности, оптимизации процесса выбора средств защиты[3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверченкова, Е.Э. Модель информационной безопасности информационной советующей системы / Е.Э. Аверченкова, Д.И. Гончаров, Д.А. Лысов // Вестник Брянского государственного технического университета. — 2016. — №4(52). — С. 251–261.
2. Аверченкова, Е.Э. Методология управления региональной социально-экономической системой на основе анализа влияния внешней среды [Текст]: автореф. дис. … д-ра. техн. наук: 05.13.10/ Аверченкова Елена Эдуардовна. — Волгоградский государственный технический университет, 2020. — 380 с.
3. Балдин, К.В. Управленческие решения: Теория и технологии принятия: учебник для вузов/ К.В. Балдин, С.Н. Воробьев. — М.: Проект, 2004 г.
4. Васильев Д.К., Заложнев А.Ю., Новиков Д.А., Цветков А.В. Типовые решения в управлении проектами. — М.: ИПУ РАН, 2003.
5. Горелик, В.Ю. О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации/ В.Ю. Горелик, М.Ю. Безус// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet». — 2020. — №9. — С. 1438–1448.
6. Постановление Правительства Российской Федерации №127 «Об утверждении Правил категорирования объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации, а также перечня показателей критериев значимости объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации и их значений»: [утверждено постановлением Правительства Российской Федерации 8 февраля 2018 г.] — СПб.: Стаун-кантри, 2018 — 17 с.
7. Приказ ФСТЭК России №239 «Об утверждении Требований по обеспечению безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации»: [утверждено приказом ФСТЭК России 25 декабря 2017 г.] — СПб.: Стаун-кантри, 2017 — 34 с.
8. Федеральный закон Российской Федерации №187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации»: [федер. закон: принят Гос. Думой 12 июля 2017 г.] — СПб.: Стаун-кантри, 2017 — 15 с.

© Пестракова Кристина Александровна (kris.siniczckaia@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.30

ВОЗМОЖНОСТИ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ VKSCRIPT

FEATURES OF THE VKSCRIPT PROGRAMMING LANGUAGE

A. Pimanov

Summary: The VKontakte social network has its own sophisticated tool for interacting with its components. The data of the tools is an API consisting of methods. Among the many methods, there is one non-standard one that is used to execute code written in the VKScript programming language.
VKScript was developed as a proprietary script language for the VKontakte social network, with the aim of creating custom applications and facilitating the automation of everyday tasks.
This article discusses the capabilities and features of the VKScript programming language, how to work with it, and also provides examples of its use.

Keywords: VKScript, API, JSON, JavaScript, VKontakte, method.

Пиманов Андрей Евгеньевич
Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, г. Нерюнгри
epimanov15@gmail.com

Аннотация. Социальная сеть ВКонтакте имеет свой сложноустроенный инструмент для взаимодействия с её составляющими. Данным инструментов является API, состоящий из методов. Среди множества методов присутствует один нестандартный, который используется для выполнения кода написанного на языке программирования VKScript.
VKScript был разработан как собственный язык скриптов для социальной сети ВКонтакте, с целью создания пользовательских приложений и облегчения автоматизации повседневных задач.
В данной статье рассмотрены возможности и особенности языка программирования VKScript, способы работы с ним, а также приведены примеры его использования.

Ключевые слова: VKScript, API, JSON, JavaScript, ВКонтакте, метод.

VKScript — это язык программирования, разработанный для социальной сети ВКонтакте, который позволяет написать скрипты для выполнения определенных задач на платформе ВКонтакте. VKScript базируется на JavaScript или ActionScript и использует специальные функции и методы, которые позволяют взаимодействовать с API ВКонтакте.

Так как синтаксис языка базируется на JavaScript, рассмотрим первую программу любого разработчика на этом языке.

Листинг 1

```
alert(«Hello world!»);
```

Для того чтобы выполнить данную программу, необходимо отправить JSON запрос используя метод API ВКонтакте — execute. Можно запустить описанную программу ещё одним способом перейдя на страницу документации данного метода, где в разделе «Пример запроса» метода можно выполнить VKScript код. Данный раздел используется для того, чтобы продемонстрировать работу любого метода API ВКонтакте посредством отправки JSON запроса. Метод execute для версии API 5.131 требует 4 параметра. Перечь требуемых параметров приведён в таблице:

Параметр	Описание
access_token	Специальный ключ доступа, используемый для верификации. Он представляет собой строку из латинских букв и цифр и может соответствовать отдельному пользователю, сообществу или приложению.
code	Код алгоритма на языке программирования VKScript.
v	Версия API ВКонтакте.

Попытка выполнить данный код приведёт к следующей ошибке — *Unable to compile code: undefined identifier ‘alert’ in line 1*. Замена alert другими операторами вывода не приведёт к устранению ошибки. Следовательно, VKScript не поддерживает операторы промежуточного вывода, что абсолютно логично, так как у них нет практичного применения с точки зрения области применения самого языка программирования. Но фразу «Hello world!» вывести всё же возможно. Для этого необходимо вернуть результат выполнения программы как это делается для функций.

Листинг 2

```
return(«Hello world!»);
```

Важно понимать, что оператор return завершает применение программы. Результатом выполнения приведённого ниже кода будет вывод фразы — first output.

Листинг 3

```
return(“first output”);
return(“second output”);
```

Во многих аспектах устройство языка схоже с JavaScript или ActionScript, однако стоит учитывать, что VKScript имеет множество ограничений. VKScript поддерживает: логические операции; арифметические опе-

рации; условные операторы; циклы; массивы и списки; некоторые методы JavaScript. Пример цикла, реализованного на языке VKScript:

Листинг 4

```
var a = 1;
var b = 10;
while (b != 0) {
 b = b — 1;
 a = a + 1;
};
return a;
```

В данном коде объявляются и инициализируются переменные **a** и **b** для демонстрации работы цикла. Пока **b** не будет равно 0, значение переменной **b** будет уменьшаться на единицу, а значение переменной **a** будет увеличиваться на единицу. Когда цикл завершится, программа вернет значение переменной **a**, которое будет равно 11, и выполнение программы прекратится.

Главной особенностью VKScript является возможность вызова других методов API ВКонтакте. Таким образом, предоставляется широкий спектр функций для работы с ВКонтакте, включая доступ к информации о профилях, группах, фотографиях, сообщениях и так далее. Для того чтобы вызвать метод ВКонтакте необходимо использовать следующую конструкцию — API. имя_метода. В следующем примере кода продемонстрирована работа с методами ВКонтакте для установки и получения статуса. Данные методы носят названия status.get и status.set. У каждого из них есть свои обязательные параметры. Для метода status.get это:

Параметр	Описание
access_token	Специальный ключ доступа, используемый для верификации.
text	Текст нового статуса.
group_id	Идентификатор сообщества, в котором будет установлен статус. По умолчанию статус устанавливается текущему пользователю.
v	Версия API ВКонтакте.

Для метода status.set это:

Параметр	Описание
access_token	Специальный ключ доступа, используемый для верификации.
user_id	Идентификатор пользователя или сообщества, информацию о статусе которого нужно получить.
group_id	Идентификатор сообщества, статус которого необходимо получить.
v	Версия API ВКонтакте.

Листинг 5

```
var data = {«text»: «Тестовый статус»};
API.status.set(data);
return(API.status.get());
```

В качестве результата выполнения будет возвращён новый установленный на странице пользователя статус — Тестовый статус. Также важно учитывать, что VKScript чувствителен к регистру и изменение регистра в наименовании статуса приведёт к фатальной ошибке.

До этого момента было не очень понятно, какие явные преимущества даёт VKScript, ведь все операции, которые возможно выполнить с использованием данного языка программирования можно повторить посредством любого другого языка программирования. Преимущество использования VKScript совсем не очевидно и заключается в возможности преодолеть лимит на количество запросов. Данное преимущество кажется совсем не значительным, однако рассматривая устройство API ВКонтакте можно убедиться в обратном. Например, рассмотрим ситуацию, в которой необходимо получить список сообщений от лица сообщества в беседе, в которую оно было добавлено. Для этого можно воспользоваться любым из методов, возвращающих историю переписки, но не один из этих методов не вернёт её. Получить необходимый результат можно только в двух случаях: беседа создана сообществом, от имени которого будет выполняться запрос; история сообщений запрашивается из личных сообщений. Вероятно, это связано с обеспечением конфиденциальности пользователей социальной сети. Техническая поддержка ВКонтакте предлагает следующее решение проблемы. Чтобы получить текст сообщения можно использовать метод messages.getByConversationMessageId. Данный метод возвращает сообщения по их идентификатору (conversation_message_id) и принимает следующие параметры:

Параметр	Описание
access_token	Специальный ключ доступа, используемый для верификации.
peer_id	Идентификатор чата.
conversation_message_ids	Идентификаторы сообщений. Максимум 100 сообщений.
extended	Определяет необходимость получения в ответе дополнительных полей. Принимает логический тип данных.
fields	Список запрашиваемых дополнительных полей в ответе.
group_id	Идентификатор сообщества (для сообщений сообщества с ключом доступа пользователя).
v	Версия API ВКонтакте.

Данным методом получить историю достаточно длинной переписки не удастся, используя любой другой язык программирования. Причиной этому станет ограничение на количество выполняемых запросов за раз. Обращаясь к методу messages.getByConversationMessageId посредством языка программирования VKScript, данное ограничение можно обойти. В листинге 6 приведена возможная реализация данной задачи.

Листинг 6

```
// Список идентификаторов сообщений, которые необходимо получить
var conversation_message_ids = [1, 2, 3];
var peer_id = идентификатор_чата;

var data = [];

var i = 0;
while (i < conversation_message_ids.length) {
  var request = API.messages.getByConversationMessageId({“peer_id”: peer_id, “conversation_message_ids”: conversation_message_ids[i]});
 data.push([conversation_message_ids[i], request.items[0].text]);
 i = i + 1;
}

return(data);
```

Данный код вернёт JSON с двумерным массивом, где в каждый вложенный массив будет вложен идентификатор сообщения и его текст.

Несмотря на то, что VKScript дает возможность обойти ограничения на количество запросов, для самого языка установлены ограничения на их выполняемое количество. Увеличив количество элементов в массиве conversation_message_ids из листинга 6, можно установить, что количество допустимых вызовов равно 25. За пределами этого значения можно получить ошибку — Runtime error occurred during code invocation: Too many API calls (Во время вызова кода произошла ошибка времени выполнения: слишком много вызовов API). Следует выяснить, существует ли разница в допустимом количестве вызовов между методами и определить, является ли ограничение на количество вызовов индивидуальным для каждого метода при выполнении VKScript кода. С помощью кода в листинге 7 проверим первую гипотезу.

Листинг 7

```
var data = [];
var count = 25;
var i = 0;
while (i < count) {
 data.push(API.status.get());
 i = i + 1;
}

return(data);
```

Данный код возвращает JSON массив из одинаковых статусов, взятых из одного источника. Запрос будет выполняться 25 раз, однако увеличив значение переменной count на единицу, скрипт начнёт завершаться фатальной ошибкой, описанной ранее (ограничивающей количество запросов). Это говорит о том, что каждый запрос можно выполнить одинаковое количество раз. Метод status.get был выбран, так как он и метод messages.getByConversationMessageId располагаются в разных разделах API ВКонтакте. Так же заменяя метод status.get на любой другой, максимальное количество запросов, которое можно будет выполнить новым методом, останется равным 25. Чтобы проверить следующую гипотезу приводится листинг 8.

Листинг 8

```
// Список идентификаторов сообщений, которые необходимо получить
var conversation_message_ids = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25];
var peer_id = идентификатор_чата;

var data = [];

var i = 0;
while (i < conversation_message_ids.length) {
var request_first = API.messages.getByConversationMessageId({“peer_id”: peer_id, “conversation_message_ids”: conversation_message_ids[i]});
 var request_second = API.status.get();
data.push([conversation_message_ids[i], request_first.items[0].text, request_second]);

 i = i + 1;
}

return(data);
```

Данный код дублирует код из листинга 6, с тем отличием, что в него включён метод status.get. Информация, полученная данным методом вложена в ранее описанный JSON и возвращена после завершения работы цикла while. Выполнение данной программы приведёт к ошибке, огранивающей максимальное количество выполняемых за раз запросов. Снизив количество обрабатываемых идентификаторов до 13, проблема не решится, так как суммарное количество выполненных запросов будет равно 26. Снизив количество обрабатываемых иденти-

фикаторов до 12, количество выполненных запросов составит 24, что уже не приведёт к фатальной ошибке и результатом программы станет оговорённый JSON. Из этого следует, что ограничение в 25 запросов выделяется на один вызов метода execute.

Выявленные аспекты языка программирования VKScript говорят о том, что его сильная сторона не настолько существенна насколько может показаться, особенно учитывая тот факт, что VKScript хоть и схож с JavaScript и ActionScript, но сам по себе очень сильно ограничен и не поддерживает множество операторов и методов языков прототипов. Из этого следует вывод: VKScript не стоит рассматривать как самостоятельное решение и пользу из его включения в проект можно получить только посредством взаимодействия с любым другим языком программирования. Например, в рамках условно взятого PHP формируется строка с VKScript кодом и отдаётся на выполнения методу execute. Рассматривая листинг 6, можно формировать массив conversation_message_ids на 25 элементов из строк содержащих идентификаторы сообщений разделённый через запятую. То есть первый элемент представляет из себя строку «1, 2, 3, …, 100», а второй «101, 102, 103, …, 200». Таким образом, можно передать до 2500 идентификаторов сообщений, так как параметр conversation_message_ids метода messages.getByConversationMessageId способен принимать максимум 100 идентификаторов. Следовательно, за выполнение одного метода execute можно получить до 2500 сообщений. Например, если за раз можно было бы обратиться к API ВКонтакте используя любой другой язык программирования только 10 раз, то обращаясь к методу messages.getByConversationMessageId без использования VKScript получилось бы извлечь до 1000 сообщений. Но обращаясь к методу execute передавая ему VKScript код, можно было бы извлечь до 25000 сообщений. Именно такой вариант использования VKScript в связке с любым другим языком программирования демонстрирует его сильную сторону и делает это преимущество более существенным.

Данный материал охватил описание синтаксиса и структуры языка программирования VKScript, созданного ВКонтакте для решения задач, связанных с работой с API. Так же были рассмотрены способы работы с ним. Была выполнена аналитическая работа, выявившая следующие недостатки: ограниченность набора функций и операторов; низкое количество выполняемый запросов к API за один вызов метода execute; ограниченная документация. Кроме найденных недостатков, был выявлен оптимальный способ работы с методом execute, принимающим VKScript код. Это позволяет выполнять существенно больше запросов к API ВКонтакте, используя всего один запрос к соответствующему методу. Таким образом, VKScript представляет собой ценный инструмент для автоматизации своих задач на платформе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный веб-сайт «ВКонтакте», раздел «Для разработчиков» [Электронный ресурс]. URL: https://dev.vk.com/reference (дата обращения: 29.04.2023).
2. Веб-сайт «Хабр», статья «Анализ языка VKScript: JavaScript, ты ли это?» [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/ru/articles/464099/ (дата обращения: 29.04.2023).
3. Пиманов, А.Е. Выбор средств разработки чат-бота для игры в монополию «в контакте» / А.Е. Пиманов // Материалы XXII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, с международным участием в г. Нерюнгри, посвященной 30-летнему юбилею Технического института (филиала) СВФУ им. М.К. Аммосова : Материалы конференции, Нерюнгри, 28–29 октября 2022 года / Редколлегия: А.В. Рукович, Н.Н. Гриб, П.Ю. Кузнецов [и др.]. — Якутск: Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, 2022. — С. 247–250. — DOI 10.52994/9785751333737_058. — EDN UHWRXQ.
4. Лихач, А.А. Чат-бот ВКонтакте расписания учебных занятий университета / А.А. Лихач, П.В. Татаренко // Вестник Новгородского государственного университета. — 2022. — № 3(128). — С. 120–125. — DOI 10.34680/2076-8052.2022.3(128).120–125. — EDN TSFYLN.
5. Дейнеко, Т.А. Чат-бот ВКонтакте «Расписание занятий ОмГУ» / Т. Дейнеко, Д. Бобров // Математические структуры и моделирование. — 2020. — № 3(55). — С. 117–122. — DOI 10.24147/2222-8772.2020.3.117–122. — EDN RJQPCL.

© Пиманов Андрей Евгеньевич (epimanov15@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.32

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ БАНКОВСКОЙ СФЕРЫ В ЗАДАЧАХ КРЕДИТОВАНИЯ

DESIGNING AN AUTOMATED DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE BANKING SECTOR IN LENDING TASKS

V. Plotnikov
R. Bikbulatov
A. Pirogova

Summary: The main purpose of the presented article was the formation of initial knowledge and the design of a decision support system in the problem of lending for the banking sector. The proposed model makes it possible to solve one of the most important and demanding tasks in the bank's system related to the approval of a loan for a consumer. The scientific value of the article lies in the attempt to systematize knowledge and a comprehensive analysis of the issue under consideration. The practical significance of the work consists in the possibility of using the presented materials as a basis for the implementation and integration of the final solution of the information system. The paper uses theoretical research methods, as well as the results of scientific research of the last five years of domestic and foreign authorship.

Keywords. Banking, information technology, support system, decision-making, artificial intelligence, intelligent analysis, lending, database.

Плотников Владимир Витальевич
Кандидат технических наук, доцент, Казанский Государственный Энергетический Университет
carpenter_wowa@mail.ru
Бикбулатов Радмир Ильдарович
Казанский Государственный Энергетический Университет
bukbulatov77777@mail.ru
Пирогова Александра Михайловна
Казанский Государственный Энергетический Университет
alexndra200204@gmail.com.

Аннотация. Основной целью представленной статьи являлось формирование начальных знаний и проектирование системы поддержки принятия решений в задаче кредитования для банковской сферы. Предлагаемая модель позволяет решать одну из наиболее важных и требующих особого внимания в системе банка задач, связанной с одобрением кредита для потребителя. Научная ценность статьи заключается в предпринимаемой попытке систематизации знаний и комплексном анализе рассматриваемого вопроса. Практическая значимость работы состоит в возможности использования представленных материалов в качестве основы для реализации и интеграции конечного решения информационной системы. В работе применяются теоретические методы исследования, а также используются результаты научных исследований последних пяти лет отечественного и зарубежного авторства.

Ключевые слова. Банковская сфера, информационные технологии, система поддержки, принятие решений, искусственный интеллект, интеллектуальный анализ, кредитование, база данных.

Введение

Современная банковская сфера проводит политику повсеместной интеграции инновационных средств информационных технологий. Цифровые решения находят свое применение в абсолютно разных задачах. Так, использование рассматриваемых решений наблюдается при формировании аналитических отчетов, формировании заявок на кредитование, автоматическую рассылку уведомлений и множество иного. На сегодняшний день невозможно представить функционирование банковской системы без использования информационных технологий [1,2].

Одной из главных задач банка является рассмотрение заявок и непосредственное предоставление кредита на различные нужды человека. Данная задача является одной из наиболее важных и актуальных направлений, требующей своего особого развития. В частности, неправильно оцененная финансовая ситуация и кредитная история клиента могут принести колоссальный ущерб банку ввиду потенциальной невозможности выплат со стороны клиента. Исходя из этого, требуется спроектировать уникальную информационную систему поддержки принятия решений для данной задачи.

Производя анализ публикаций, было выявлено, что крайние исследования по представленному вопросу не получили свое развитие после 2015 года. Отечественные научные работы оканчиваются проектными решениями создания системы поддержки принятия решений, не имеющих свою значимость и актуальность в текущих условиях. Это связано с изменениями в банковской системе и значительного прогресса в области информационных технологий. Исходя из этого, на сегодняшний день отсутствуют аналоги как реальных, так и проектных решений систем поддержки принятия решений в банковской сфере по задачам одобрения

заявок на кредитование. Представленная статья преследует своей целью внести значительный вклад в развитие данного вопроса.

Авторами предполагается, что создание информационной системы поддержки принятия решений позволит значительно снизить финансовые потери и рационализировать использование ресурсов банковской организации. Основная цель представленной статьи состоит в проектировании модели информационной поддержки принятия решений в банковской сфере по вопросу одобрения заявок на кредитование.

Материалы и методы

Объектом представленного исследования является банковская сфера. Предметом исследования выступает вопрос автоматизированного рассмотрения заявки на предоставление кредита клиенту. Важно отметить, что в текущих условиях давления из-за санкций складывается необходимость создания отечественных решений в области автоматизации. Исходя из этого, важной задачей является анализ отечественного опыта создания систем из данной области. В результате этого, авторами используются результаты исключительно российских исследований по данному вопросу. Основными методами, используемыми в работе, являются теоретические, в качестве которых выступают анализ и синтез информации. Авторами предпринимается попытка комплексного анализа вопроса и систематизации информации относительно рассматриваемой проблемы.

Результаты и обсуждение

Система поддержки принятия решений (СППР) представляет собой компьютерную реализацию для помощи человеку в принятии решения в сложных условиях. СППР позволяет произвести комплексный и объективный анализ конкретной задачи. При этом основными составляющими являются программные решения и системы управления базами данных. Под многокритериальностью решаемых задач понимается то, что результаты оцениваются не по одному, а в совокупности. При этом главной сложностью является необходимость учета и анализа большого количества данных. На рис. 1 представлена общая структурная схема экспертных систем. Исходя из этого, эффективность функционирования системы будет напрямую зависеть относительно качества и емкости изначального проектирования базы данных и общего алгоритма работы системы [3,4].

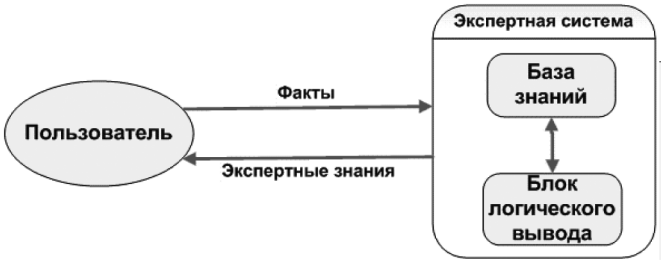


Рис. 1. Обобщенная схема работы экспертной системы

Рис. 2. Алгоритм оформления кредита в банке

Как видно из рисунка, основные действия производятся на основе анализа базы данных, а также интерфейса сбора и предоставления информации. Необходимо отметить, что одним из наиболее актуальных направлений в создании данных систем является использование технологии искусственного интеллекта. Именно интеллектуальный анализ данных позволяет произвести более точную детализацию и оценку информации для формирования эффективных решений. Это, в свою очередь, особенно актуально для банковской системы при решении задач кредитования, которые имеет высокую значимость при распределении и работой с активами.

Задача кредитования включает в себя множество узких подзадач, выполнение которых необходимо для формирования наиболее верного решения. В частности, алгоритм одобрения кредита и последующих операций включает в себя ряд основных этапов, представленных на рис. 2. Особенностью является то, что СППР позволяет выполнить определенные операции, однако оставшаяся часть, к примеру, консультирование или передача досье все также остается под ответственностью сотрудника банка [5].

Как видно из рисунка, перед итоговым решением производится ряд дополнительных операций, позволяющих произвести накопление информации и оценить возможности клиента. На этапе «Решение» производится итоговый анализ данных и формирование решения по одобрению кредитования. Именно на данном этапе для более качественного и верного выполнения операций необходима разработка и интеграция экспертной системы [6].

Основными компонентами для разработки экспертной системы должны стать — база данных, блок моделятора, синтезатора, коррелятора. На основе данных, рассчитываемых и получаемых на основе данного блока, происходит формирование итогового расчета на основе блока анализатора. По результатам полученной информации формируется окончательный вердикт по одобрению заявки на кредитование. На рис. 3 представлена общая концепция проектируемой системы поддержки принятия решений.

Для эффективного принятия решения предполагается использование интеллектуальных методов на каждом из подготовительных блоков. Так, в блоках «Моделятор», «Синтезатор» и «Коррелятор» необходима интеграция интеллектуальной подготовки и обработки данных на основе искусственных нейронных сетей. Посредством интеллектуальных методов решается ряд определенных задач, необходимых для формирования итогового результата анализа данных о клиенте и возможности одобрения кредита. Так, на рис. 4 представлена конкретизация данных модулей, в основе работы которых подразумевается интеграция интеллектуальных методов [7].

В частности, в блоке «Моделятор» необходима интеграция методов предварительного исследования и со-

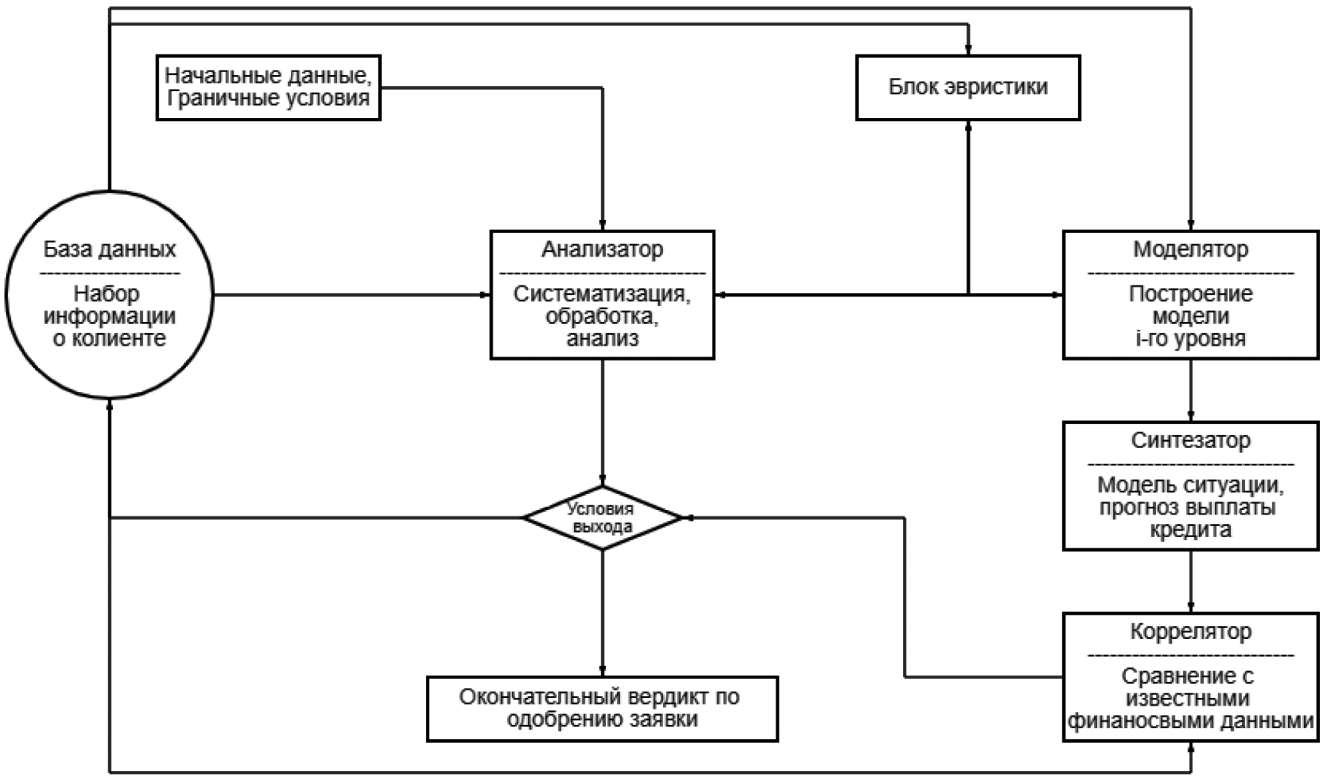


Рис. 3. Модули проектируемой экспертной системы для банка

ртировки данных (Balanced Scorecard). В модуле «Синтезатор» требуется использование интеллектуальных алгоритмов на основе искусственных нейронных сетей. Именно на их основе представляется возможным выполнить более точный прогноз возможности выплаты кредита клиентом [8].

Рис. 4. Конкретизация модулей анализа данных

Последующим этапом проектирования является формирование базы данных. Важно подчеркнуть, что данная база должна включать в себя сведения о клиенте, таблицу должников, данные об условиях кредита, сотрудниках, договорах и черный список заемщиков. На рис. 5 представлен результат итогового проектирования базы данных (на основе программного продукта DBDesigner 4), включающей в себя все необходимые сведения для воспроизведения общего анализа:

Таким образом, проектируемая экспертная система получает расширенную базу данных, включающую в себя «черный список» клиентов различных банков и данные о родственниках заемщиков. Данные параметры должны являться основными при учете возможности одобрения кредита. Так, «черный список» позволит отследить должников между различными банками и отказать в кредите человеку, имеющему невыплаченные на незаконных основаниях кредиты в другом банке. Учет наличия родственников позволит системе спрогнозировать в модуле «Синтезатор» возможность погашения кредита в случае непредвиденной ситуации [9,10].

Заключение

Таким образом, основной целью представленной статьи являлось выполнение проектирования СППР для банковской сферы. В результате работы установлено и получено:

1. Информационные технологии являются неотъемлемой частью эффективного развития современной банковской системы, позволяя рационализировать использование ресурс и повысить качество работы банка;
2. В рамках работы определено актуальное направление развития информационных технологий на примере создания СППР в задаче кредитования;
3. Авторами проанализированы основные аспекты проектирования и разработки данной системы. Так, разработана концепция системы, выделены основные модули, связи и принцип функционирования программного решения. Помимо этого, спроектирована база данных, являющаяся основой при формировании данных для анализа и принятии решения по одобрению кредита;

Представленные материалы имеют высокую практическую значимость, заключающуюся в возможности практической реализации продукта на этой основе. Дальнейшие исследования предполагается направить в сторону программной реализации данной СППР и тестировании в банковской сфере на реальных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семеко Г.В. Потребительское кредитование в современном обществе потребления: вопросы развития и последствия // Социальные новации и социальные науки. 2021. № 4. С. 104–121.
2. Bertino E., Catania B., Pierro G. Intelligent Database Systems. // Addison-Wesley Professional, 2001. — 152 p.
3. Карелин А.Е., Береза А.Н. Экспертная система для поддержки принятия решений оператора в системе электроснабжения города //Инженерный вестник Дона, 2019, № 4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2019/5941
4. OugolnitskyG.A., Usov A.B. Computer Simulations as a Solution Method for Differential Games. Computer Simulations: Advances in Research and Applications. Eds. M.D. Pfeffer and E. Bachmaier. N.Y.: Nova Science Publishers, 2018. P. 63–106.
5. Решетов К.Ю., Лосев М.В. Цифровизация в банковской сфере // Вестник НИБ. 2022. № 1. С. 141–144.
6. Агиева М.Б. Постановка динамических задач управления качеством в организационно-экономической системе в условиях коррупции // Инженерный вестник Дона, 2022, № 10 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2022/7940
7. Алленых М.А. Цифровизация банковской системы как новая реальность // Кронос. 2020. № 6. С. 30–33.
8. Сидорова С.Н. Система поддержки принятия решений и инженерное проектирование в управлении финансами организации // Хроноэкономика. 2019. № 6. С. 90–94.
9. Пищухина Т.А. Проектирование схемы системы поддержки принятия решений на основе онтологии перекомпонуемого производства // Онтология проектирования. 2022. № 2. С. 231–244.
10. Баранчиков А.И., Борисов Д.А. Особенности проектирования систем поддержки принятия решений на базе сетей Петри // Известия ТулГУ. Технические науки. 2018. № 9. С. 3–9.

© Плотников Владимир Витальевич (carpenter_wowa@mail.ru); Бикбулатов Радмир Ильдарович (bukbulatov77777@mail.ru);
Пирогова Александра Михайловна (alexndra200204@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

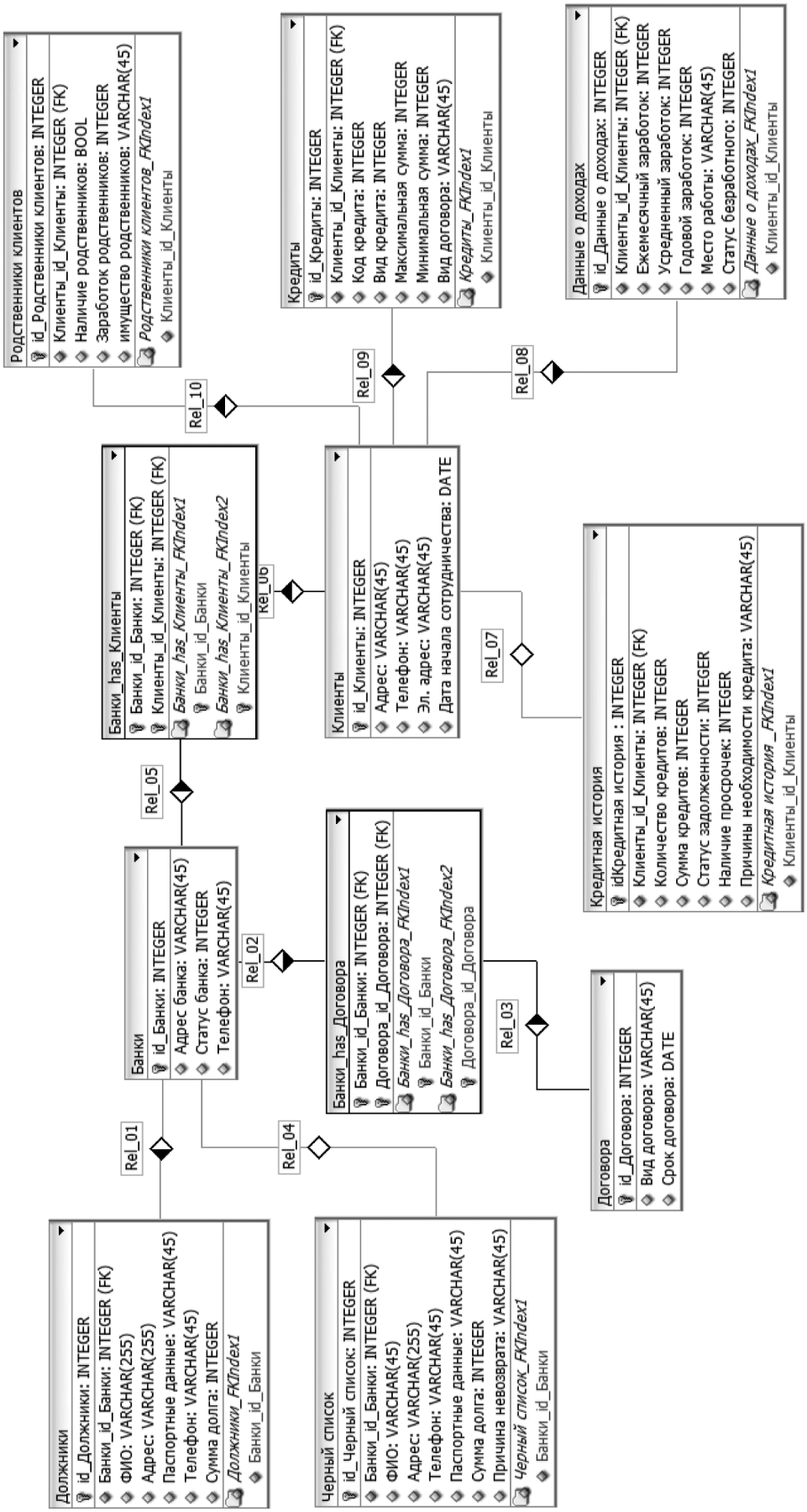


Рис. 5. Проектирование базы данны

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.37

ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ И БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Семенцов Дмитрий Андреевич
аспирант, РУДН, Москва
dimitriy-d@yandex.ru

Аннотация: в статье рассматривается организационная структура, технологические процессы и важность их взаимодействия при проведении изменений в условиях производственного предприятия. Обосновывается необходимость проведения всестороннего анализа предприятия перед внедрением изменений. Приводятся категории данных, которые следует учитывать при построении управленческой модели, которая включает в себя организационную структуру и бизнес-процессы в целом. Предлагаются принцип построения управленческой модели от наиболее важного объекта управления к незначительным. Подчеркнуты обстоятельства, ограничивающие возможность произвольного выбора центральной точки модели управления. Сделаны выводы о возможности создания программного продукта для автоматизации работы с моделью.

Ключевые слова: организационная структура, бизнес-процессы, организация производства, модель управления.

MUTUAL INFLUENCE OF ORGANIZATIONAL STRUCTURE AND BUSINESS PROCESSES

D. Sementsov

Summary: the article discusses the organizational structure, technological processes and the importance of their interaction during changes in the conditions of a manufacturing enterprise. The necessity of conducting a comprehensive analysis of the enterprise before implementing changes is justified. The categories of data that should be taken into account when building a management model that includes the organizational structure and business processes as a whole are given. The principle of constructing a management model from the most important object of management to the insignificant ones is proposed. The circumstances limiting the possibility of arbitrary choice of the central point of the control model are emphasized. Conclusions are drawn about the possibility of creating a software product for automating work with the model.

Keywords: organizational structure, business processes, production organization, management model.

Организационная структура предприятия — это модель организации и взаимодействия отделов и структурных подразделений. Как правило, организационная структура отражает структуру технологического процесса производства. Правильная структура помогает чётко определять зоны ответственности, правильно распределять обязанности, показывать достаточность или недостаток персонала, иметь представление о необходимых ресурсах, определять порядок коммуникации и взаимодействия.

На другой стороне управления находиться бизнес-процессы предприятия. Бизнес-процесс можно рассматривать как последовательность процедур, действий и технологических операций, которые в результате приводят к достижению поставленной цели. В случае промышленного производства итоговая цель — это выпуск готовой продукции [1]. С точки зрения организационной структуры бизнес-процесс следует разделить на этапы, процессы, технологические операции. И в конечном итоге получить задачу как объект управления [2]. Под термином задача предполагается минимально возможная, завершенная, технологическая операция.

Производственные организации уделяют много времени и усилий правильному построению организационной структуры. Постоянно изучаются и внедряются новые модели управления с целью повысить эффективность производства. Но, несмотря на это от 50 до 70 % применяемых решений не приводят к ожидаемым результатам [3]. Одной из причин неудач состоит в том, что при исследовании и анализе бизнес-процесса, он рассматривается сам по себе, независимо от влияющих на него факторов. Так изменения бизнес-процессов могут не приводить к изменению в организационной структуре. Такой подход может свести на нет все изменения, а иногда и ухудшить эффективность производства по сравнению с той, которая была до изменений [4].

Так же следует отметить, что один и тот же процесс может выполняться по-разному в зависимости от организационной структуры. Например, при отсутствии менеджерских ресурсов на уровне организационной структуры процесс может быть приостановлен, либо передан на выполнение по горизонтали, либо передан на контроль выше по организационной структуре. В итоге может сложиться ситуация, когда при различной организационной структуре технологические процессы выполняются. И так как процессы успешно завершаются, никто не задаётся вопросом оценки эффективности их выполнения.

Исходя из этого становится понятно, что любое изменение, как в процессах производства, так и в структуре организации должны приводить к повторному анализу и при необходимости к изменениям в целом. На прак-

тике встречается, что любое изменение или инновацию рассматривают, изолировано от внешних факторов. Такой подход даёт высокие предполагаемые результаты, однако достичь их в реальных условиях не удаётся [5]. Если бизнес-процессы и организационная структура не отражают друг друга и не повторяет цели и задачи, то неизбежно возникают проблемы при их взаимодействии. Организационная структура должна выполнять разделение цели на задачи, координацию между задачами и передачу от одного этапа к другому.

Для эффективного достижения целей предприятия необходимо рассматривать и подвергать изменениям организационную структуру и процессы предприятия в целом. Для этого необходимо составить модели удобные для рассмотрения, управления и понимания происходящего на предприятии. Такая модель должна отражать важные параметры производственных процессов и способствовать достижению поставленных целей предприятия [6].

Для успешного моделирования бизнес-процессов и организационной структуры современные исследователи предлагают опираться на 4 категории данных:

— Бизнес-процесс — категория данных характеризующее процесс, которым управляет организация. Обладает свойствами затрат времени, затрат ресурсов. Одновременно может быть сгенерировано несколько процессов, которые включают в себя разный набор и последовательность задач. При этом они занимают время исполнителей и требуют участия менеджера.
— Организационная структура — категория данных, характеризующая организационные структуры предприятия (исполнители, менеджеры, взаимодействие с поставщиками и заказчиками) и их взаимодействие между собой.
— Исполнитель — категория данных характеризующее исполнителя, его возможности выполнять те или иные задачи, затраты времени на одну операцию. Так же может, учитывается индивидуальные способности каждого исполнителя.
— Менеджер — категория данных характеризующее ресурсы менеджера, временные затраты, возможности и способности управлять процессом. При выполнении своих обязанностей менеджер осуществляет формирование, распределение и передачу задач как по вертикали (передача задач от заказчика к исполнителю), так и по горизонтали (передача задач к другим менеджерам при продвижении продукции по цепочки технологических операций). Так же менеджер осуществляет разрешение инцидентов и не штатных ситуаций связанных с исполнением отдельных задач бизнес-процесса. А в случае невозможности самостоятельного принятия решения осуществляет передачу информации об инцидентах в соответствии с правилами, принятыми в организационной структуре. Такими инцидентами могут быть: невозможность выполненные исполнителем работ, выход из строя оборудования, обнаружения брака, нехватка комплектующих и расходных материалов и др. [7].

Следует отметить, что под определением исполнитель и менеджер не обязательно подразумевается работник. В случае масштабного производства за исполнителя можно принимать рабочую группу, отдельный обособленный участок производства или внешнего подрядчика. А в роли менеджера может быть, например, совет директоров. При этом структуру внутри определённого нами объекта «исполнитель» или «менеджер» не нужно учитывать. При составлении модели управления важны только свойства взаимодействия, такие как время выполнения работы, доступность, качество исполнения, быстрота реагирования на изменения и др.

На современных предприятиях большую часть информации, как правило, можно получить из корпоративных информационных систем, технологической документации на процессы производства, штатный состав предприятия и др. Таким образом, при первичной оценке эффективности предприятия можно существенно сократить время сбора первичной информации. Но необходимо проверить актуальность полученной информации, так как информация в корпоративных информационных системах может быть устаревшей или не пригодной для использования за приделами системы.

Важным аспектом успешного моделирования является выбор центральной точки, со стороны которой мы рассматриваем остальные параметры. Возможно множество вариантов построения модели, рассмотрим два наиболее ярких варианта:

Первый, когда мы начинаем построение модели с технологического процесса. И все остальные элементы встраиваем, как отношения и связи этих элементов и технологического процесса. Такой подход характерен для предприятий со строго стандартизированным отработанным технологическим процессом, который либо не подвергается частым изменениям, либо процесс изменения технологического процесса так же строго стандартизован и проходит по заранее определенным этапам. Благодаря большому количеству стандартов и регламентов в таких организациях предъявляется меньшие требования к опыту сотрудников, что даёт широкие возможности для передачи производственных задач от одного исполнителя к другому.

Второй вариант построение модели, когда за основу берётся исполнитель, его специальные знания и опыт.

Остальные же элементы рассматриваются как связи и отношения этих объектов к исполнителю. Такой подход характерен для предприятий, занимающихся инновационной или экспериментальной продукцией. Когда технологический процесс определен в основных деталях, но не имеет чётких регламентов, описывающих каждую мелочь. В данной модели основным являются навыки, умения и опыт исполнителя, остальные же элементы рассматриваются как объекты подверженные изменению в угоду эффективности.

В зависимости от конкретной области и специфики производства, а также внешних обстоятельств, управленческие модели можно строить, ставя в центр и другие объекты. К примеру, если учредитель или местные законы предполагают только одну организационную структуру, то её и следует поместить в центр модели. Если построить универсальный принцип построение управленческой модели, то можно прийти к следующему. В центр модели мы помещаем объект, который мы не можем изменять или его изменение не рационально. Далее мы располагаем объекты, изменение которых происходит проще и быстрее. В завершении мы выстраиваем связи и отношения между этими объектами. При построении модели следует учитывать логику самого технологического процесса, то есть связи между объектами не должны противоречить технологическим операциям и естественному ходу событий. А также необходимо иметь в виду цель предприятия и помнить, что деятельность организации направлена на достижения цели, что и следует однозначно отображаться в нашей модели.

В случае небольшого предприятия составить модель управления и произвести оценку можно при помощи общедоступных программных средств. В случае же масштабного предприятия или специфических задач может понадобиться разработка программного обеспечения, учитывавшего специфику технологического процесса, организационной структуры и целей предприятия. Но разработка специализированных программных продуктов — это сложный и затратный процесс, как правило, связанный с привлечением внешних исполнителей. Затраты на полноценную разработку могут свести на нет полезный эффект от оптимизации производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. P. Lawrence, «Workflow handbook», in Workflow Management Coalition. New York, NY, USA: Wiley, 1997.
2. W.M.P. van der Aalst and K. van Hee, Workflow Management: Models, Methods, and Systems. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2002.
3. Gardner, R. The Process-Focused Organization: A Transition Strategy for Success Text. / Robert A. Gardner. Milwaukee, Wisconisim: ASQ Quality Press, 2004.
4. C.K. Chen and C.. Tsai «Developing a process re-engineering-oriented organizational change exploratory simulation system (PROCESS)», Int. J. Prod. Res., vol. 46, no. 16, pp. 4463–4482, 2008.
5. G. Park, L. Chung, and L. Khan «A modeling framework for business process reengineering using big data analytics and a goal-orientation», in Proc. 11th Int. Conf. Res. Chall. Inf. Sci. (RCIS), 2017, pp. 21–32.
6. R. Sellami, W. Gaaloul, and S. Moalla «An ontology for workflow organizational model mining», in Proc. IEEE 21st Int. Workshop Enabling Technol., Infrastruct. Collab. Enterpr., Jun. 2012, pp. 199–204.
7. S. Lee et al.: Comprehensive Simulation and Redesign System for Business Process and Organizational Structure, 2020.

© Семенцов Дмитрий Андреевич (dimitriy-d@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.39

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И КАДРОВАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КОМПАНИИ В ЧАСТИ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ИНСАЙДЕРСКОЙ УГРОЗЕ

ECONOMIC AND PERSONNEL SECURITY OF THE COMPANY IN TERMS OF COUNTERING THE INSIDER THREAT

V. Strizhkov

Summary: The article discusses insider threats in companies from different sectors and various methods for assessing them. The problem of information leakage is becoming more and more relevant for companies in all areas of economic activity, as a company can incur losses not only due to information leakage about its inventions, but also through lawsuits in case of theft of personal information of customers or contractors. This means that in order to gain access to international markets, Russian companies must have an appropriate level of protection not only for confidential information, but also for data on customers, contractors, etc. The purpose of the article is to analyze the existing methodological approaches to assessing insider threats in an enterprise as a and economic security. Different industries have different vulnerabilities to insider threats and should have appropriate approaches to managing insider threats. The study found that information leaks pose a serious threat to the economic and personnel security of the company. Today, there are significant improvements and the emergence of effective procedures to counter external threats, but protection against insider attacks remains quite low. In the course of the study, the concept of an insider attacker was defined, the types of insider threats were identified, and the main actions of personnel before an insider attack were identified. It has been proven that the degree of insider threat is determined by the nature of the company's activities and the liquidity of information that can become the subject of a leak. Most of the leaks are observed in high-tech companies and medical institutions, while the most liquid is the information of banks, financial institutions, industrial and commercial companies.

Keywords: corporate economic security, human capital, personnel security, insider threat, information database.

Стрижков Владислав Александрович
Аспирант, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (г. Москва)
218668@edu.fa.ru

Аннотация. В статье рассматриваются инсайдерские угрозы в компаниях из разных секторов и различные методы их оценки. Проблема утечки информации становится все более актуальной для компаний всех сфер экономической деятельности, так как компания может нести убытки не только из-за утечки информации о своих изобретениях, но и через судебные иски в случае кражи личной информации заказчиков или подрядчиков. Это означает, что для получения доступа к международным рынкам российские компании должны иметь надлежащий уровень защиты не только конфиденциальной информации, но и данных о заказчиках, контрагентах и т.д. Целью статьи является анализ существующих методологических подходов к оценке инсайдерских угроз на предприятии как составляющей кадровой и экономической безопасности. Разные отрасли имеют разную уязвимость к инсайдерским угрозам и должны иметь соответствующие подходы к управлению инсайдерскими угрозами. В исследовании установлено, что утечки информации представляют серьезную угрозу экономической и кадровой безопасности компании. Сегодня отмечаются значительные улучшения и появление эффективных процедур противодействия внешним угрозам, однако защита от инсайдерских атак остается достаточно низкой. В ходе исследования было определено понятие инсайдера, установлены виды инсайдерских угроз, а также обозначены основные действия персонала перед инсайдерской атакой. Доказано, что степень инсайдерской угрозы определяется родом деятельности компании и ликвидностью информации, которая может стать предметом утечки. Больше всего утечек наблюдается в высокотехнологичных компаниях и медицинских учреждениях, при этом наиболее ликвидной является информация банков, финансовых учреждений, промышленных и коммерческих компаний.

Ключевые слова: корпоративная экономическая безопасность, человеческий капитал, кадровая безопасность, инсайдерская угроза, информационная база данных.

Введение

Традиционно кадровая безопасность как часть корпоративной экономической безопасности рассматривалась преимущественно в физических аспектах, таких как защита предприятия и персонала, физическая защита важных документов, соблюдение процедур и политик контроля доступа и др. Однако с развитием информационных технологий, стали появляться другие угрозы экономической и кадровой безопасности. Если процедуры физической безопасности уже отработаны, то у большинства компаний, особенно в России, еще нет достаточного опыта защиты информации в киберпространстве. Проблема инсайдерских угроз становится все более актуальной, так как компания может нести убытки не только из-за утечки информации о своих изобретениях, но и через судебные иски в случае кражи личной информации подрядчиков. Это стало особенно актуальным после вступления в силу весной 2018 года Общеевропейского общего регламента по защите данных (GDPR), который устанавливает размер санкций за нарушения правил защиты персональных данных граждан ЕС. Это означает, что для выхода на международные рынки российские компании должны иметь надлежащий уровень защиты не только конфиденциальной информации компании, но и данных о заказчиках, контрагентах и т.д. То, что в целом воспринимается как нормальное явление в России, может привести к огромным штрафам и судебным искам за рубежом. В частности, очень часто при увольнении сотрудник компании заби-

рает с собой базу клиентов или поставщиков, потому что в компании нет соответствующих процедур для предотвращения подобных действий. То, что в России остается только частной проблемой компании, на зарубежных рынках может обернуться санкциями, штрафами и потерей клиентов и партнеров. Именно поэтому инсайдерские угрозы и утечка информации становятся важной составляющей экономической и кадровой безопасности предприятия, особенно если его целью является выход на внешние рынки. Например, по данным международного аналитического центра InfoWatch, осуществляющего постоянный мониторинг утечки конфиденциальной информации, в 2018 году было зарегистрировано 2263 случая серьезной утечки конфиденциальной информации. Следует отметить, что компании и аналитические центры, исследующие и отслеживающие инсайдерские угрозы, не в состоянии охватить все случаи утечек, поэтому они фокусируются на крупнейших компаниях и крупных утечках, повлекших существенные негативные финансовые последствия для компаний. Так, по данным центра, в 2018 году в результате утечек было скомпрометировано более 7,28 млрд записей персональных данных (номера социального страхования, реквизиты банковских и других видов карт и пр.).

Цель статьи — проанализировать существующие методические подходы к защите от инсайдерских угроз на предприятии как составляющей кадровой и экономической безопасности.

Научная гипотеза состоит в том, что разные отрасли имеют разную уязвимость к инсайдерским угрозам и разные подходы к управлению инсайдерскими угрозами.

Методологической и информационной основой нашего исследования являются аналитическая информация и базы данных, предоставленные аналитическим центром InfoWatch.

Обзор литературы

В последнее время в научной литературе широкое распространение получил вопрос об инсайдерских угрозах и защите от них. Ученые стали активно обращать внимание на проблему утечки информации, а также на то, что она имеет не только внешние, но и внутренние источники.

В частности, по данным Agrafiotis et al. [1], угроза для организации со стороны собственных сотрудников продолжает неуклонно и значительно расти, о чем свидетельствует множество примеров. Авторы подчеркивают, что внутренние угрозы нельзя просто игнорировать. Они рассматривают технологии, которые можно использовать для автоматического обнаружения инсайдеров. Эти технологии должны выявлять угрозы, контролируя персонал для выполнения определенных действий. По мнению ученых, эти действия можно разделить на две категории: 1) действия, нарушающие политики, процедуры и регламенты, созданные специально для предотвращения поведения персонала, которое может представлять угрозу; 2) действия, аналогичные уже идентифицированным как инсайдерская атака. В частности, предлагается использовать так называемые «ловушки» в информационной системе, которые будут реагировать навышеуказанныедействияипредупреждатьобопасности.

Махаджан и Шарма [2] отмечают, что организации все чаще используют облачные технологии для хранения важной информации, поэтому они не в состоянии полностью контролировать процедуры безопасности и защиты. В своем исследовании авторы выделяют несколько типов облаков, которые компании могут использовать для хранения своей информации, а именно, частные, общие, общедоступные, гибридные облака, имеющие разную степень защиты. Также авторы выделяют две основные возможности: наличие инсайдера среди сотрудников компании, занимающейся предоставлением облачных услуг, и наличие инсайдера в другой компании, которая занимается организацией облачных услуг в рамках аутсорсинг. Авторы предлагают несколько возможных действий, которые могут выявить угрозу и нейтрализовать ее.

Важным аспектом, рассматриваемым в научной литературе, является выявление возможных методов обнаружения инсайдерских атак. В частности, Sanzgiri & Dasgupta [3] считают, что большинство инсайдерских атак осуществляется лицами, обладающими соответствующими техническими навыками, поэтому наиболее успешным является сочетание различных стратегий и методов их распознавания.

Конт и др. [4] попытались создать универсальную программу для обнаружения и распознавания инсайдерских угроз. С этой целью они выделили пять различных типов угроз (саботаж, кража, мошенничество, шпионаж и несчастный случай) и предложили шесть отдельных индикаторов, основанных на поведенческих и технических аспектах угрозы. По мнению авторов, одновременное использование всех индикаторов позволит минимизировать ущерб и в лучшем случае вообще предотвратить инцидент.

Ринг и др. [5] предложили новый алгоритм выявления инсайдерских угроз путем обнаружения аномальных помех в работе внутренней сети. Для повышения эффективности такого подхода авторы предлагают использовать исторические данные об инсайдерских атаках и анализ предшествовавших им действий во избежание ложных срабатываний.

Парк и др. [6] предложили использовать поведение сотрудников в социальных сетях для выявления возможных инсайдерских угроз. Авторы предложили алгоритм и критерии, по которым можно выявить потенциального инсайдера. Они пришли к выводу, что инсайдера можно выявить, проанализировав его посты в социальных сетях, при условии использования им определенного набора слов и словосочетаний, выражающих негативные эмоции и намерения.

В свою очередь, Элифоглу и соавт. [7] предложили повысить эффективность борьбы с инсайдерскими угрозами за счет более плодотворного взаимодействия подразделений управления информационными технологиями и управления персоналом. Они подчеркивают, что основными причинами инсайдерских атак являются ошибки, халатность, жадность или безрассудное поведение.

Эггеншвилер и др. [8] отметили, что фирмы, предоставляющие финансовые услуги, являются одними из наиболее уязвимых для инсайдерских атак, поскольку они приводят к огромным убыткам. Авторы сосредоточились не только на том, как фирмы обнаруживают атаки, но и на возможных способах реагирования на них. Они отметили, что финансовые фирмы используют два подхода: внутреннее и внешнее реагирование. Если, по их мнению, атака имела минимальные негативные последствия, то используется внутренний подход, т.е. проблема решается внутри фирмы для предотвращения огласки. И только в том случае, когда последствия невозможно скрыть, используется внешний подход, требующий привлечения третьей стороны к разрешению конфликта.

Abd & Hassan [9] считают, что защита коммерческой тайны является одним из важнейших направлений экономической безопасности компании и должна быть частью кадровой безопасности. По мнению исследователей, правовых мер недостаточно для надежной защиты информации, поэтому она должна сопровождаться соответствующими административными инструментами. Для этого авторы предлагают использовать пять основных методов: строгий набор, использование обязательного трудового договора, постоянное ознакомление сотрудников с политикой защиты информации компании, постоянный контроль за действиями сотрудников с информацией и применение адекватных ограничений, снятие всех документов, содержащих коммерческую тайну, у работника при увольнении.

Не менее важен вопрос потерь компании от инсайдерских угроз. При этом могут быть не только прямые убытки (стоимость похищенного изобретения, деньги, интеллектуальная собственность), но и косвенные затраты или так называемая «упущенная выгода». В большинстве случаев его очень сложно подсчитать, и существующие методы ориентированы главным образом на отдельные аспекты повреждения. Буткевичюс [10] предлагает универсальную модель расчета упущенной выгоды, которая учитывает структуру затрат компании и позволяет учесть максимально возможную прибыль, которую получила бы фирма, если бы не было утечки.

Результаты и обсуждение

Наш обзор литературы показал, что подавляющее большинство исследователей подчеркивают, что защита информации от внешних и внутренних угроз в цифровом пространстве становится приоритетом для компаний. В то время как большинство компаний уже внедрили эффективные процедуры для обеспечения физической безопасности и предприняли некоторые успешные попытки защитить информацию от внешних угроз, проблема предотвращения инсайдерских атак по-прежнему остается в значительной степени нерешенной.

Согласно исследованию Коста и др. [11], злоумышленник-инсайдер — это бывший или действующий сотрудник, подрядчик или деловой партнер, на которого распространяются следующие требования:

— имеет или имел авторизованный доступ к внутренней организационной сети системы или данным;
— умышленно превысил уровень доступа или использовал свой доступ таким образом, чтобы нанести вред конфиденциальности, целостности и доступности информации или информационной системы организации.

В результате на внутренние угрозы влияют технические, поведенческие или организационные проблемы, поэтому для их устранения необходимо разработать политики, процедуры и технологии.

Одной из первых задач при выявлении и предотвращении инсайдерской атаки является определение ее типа. Например, Уитти [12] выделяет следующие виды инсайдерских атак: мошенничество, отмывание денег, ущерб репутации, кража (в том числе кража IP-адреса, данных, аккаунта), нелегальное трудоустройство.

Внутренние угрозы могут быть результатом преднамеренных или случайных действий. Предотвратить случайные действия можно, главным образом, путем повышения осведомленности персонала о такой возможности, т.е. повышения его информационной грамотности. Вместо этого стратегия кадровой безопасности компании должна быть направлена на предотвращение умышленных действий.

При использовании информационных технологий для предотвращения утечки информации, как правило,

имеют место следующие действия, представляющие инсайдерскую угрозу, которые могут быть отслежены автоматически:

1. Физическая невозможность действий (например, вход с IP-адреса, географически не совпадающего с физическим местонахождением сотрудника, VPN-подключение с разных IP-адресов, географически удаленных, но принадлежащих одной учетной записи и т. д.);
2. Доступ к сайтам из черного списка;
3. Использование внешних накопителей, которые не авторизованы;
4. Многократные неудачные попытки входа в разные аккаунты;
5. Постоянная отправка по электронной почте файлов с именами, совпадающими с зарегистрированными в системе;
6. Постоянная отправка писем с большими файлами в приложении;
7. Чрезмерное использование социальных сетей в рабочее время;
8. Безвозвратное удаление файлов большого размера или с именами, зарегистрированными в системе.

Автоматическое отслеживание таких действий поможет выявить инсайдерские угрозы на ранней стадии и предотвратить дальнейшую утечку важной информации.

Исследование аналитического центра InfoWatch [13] показывает рост угрозы утечки информации, что приводит к убыткам компаний. В последнее время наблюдается стремительный рост числа таких случаев. В частности, количество утечек информации увеличилось с 801 случая в 2011 году до 2263 случаев в 2018 году. Особенно заметным был скачок в 2017 году (количество утечек увеличилось на 36,9 % (до 2131 случая) по сравнению с предыдущим годом (1556 случаев), тогда как в 2018 году рост был несколько умеренным (всего 6,1 %).

Что касается источника утечки информации, то в 2018 году большинство случаев (1393) (63 %) произошло по вине инсайдеров, тогда как на внешние атаки пришлось лишь 37 %.

Касаемо характера утекшей информации, попрежнему преобладают персональные данные (69,5 %), на втором месте платежная информация (16,9 %), на третьем — коммерческая тайна (8,1 %).

Следует отметить, что для компании важны все виды информации, так как они могут привести к потенциальным убыткам. Проблема в том, что потери от утечки коммерческой информации можно рассчитать и спрогнозировать. Убытки от утечки других видов информации не могут быть рассчитаны напрямую. Например, утечка персональных данных клиентов может привести к потере доверия к компании, судебным искам, штрафам, падению цен на акции и т.д., в зависимости от публичности инцидента. Можно сказать, что на данном этапе такие утечки становятся все более опасными для экономической безопасности компании.

Утечки также происходили по разным каналам. Приоритезация каналов инсайдерских угроз важна для разработки дальнейшей политики кадровой безопасности. Основными каналами остаются кража или потеря оборудования, мобильных устройств, съемных носителей, сети, электронной почты, бумажных документов, обмен информационными уведомлениями. В частности, лидером остается сеть Интернет (браузер или облачное хранилище) (72,2 % в 2018 г.), значительная доля приходится на электронную почту (8,0 % в 2018 г.) и бумажные носители (11,0 % в 2018 г.). Другими каналами утечки были мобильные устройства, съемные носители, потеря оборудования и обмен сообщениями, хотя их доля остается низкой.

Если рассматривать сферы деятельности, наиболее подверженные утечкам, то лидерами являются высокотехнологичные компании и медицинские учреждения.

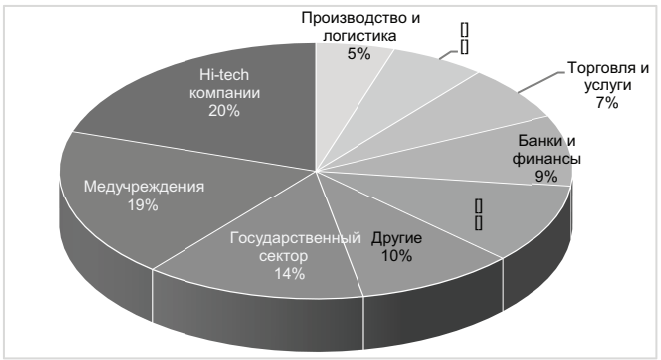


Рис. 1. Доли утечек по отраслям в 2018 г.

Такое распределение вполне естественно. Привлекательность отрасли определяется относительной ликвидностью данных, имеющихся у компаний в этом секторе. Злоумышленники нацелены на лёгкие деньги, поэтому выбирают наименее защищенные (в случае с медицинскими учреждениями) или наиболее ценные на рынке (для случая с Hi-tech компаниями) данные.

Заключение

Выводы. Утечки информации представляют серьезную угрозу экономической и кадровой безопасности компании. В настоящее время фирмы имеют значительные усовершенствования и эффективные процедуры противодействия внешним угрозам, однако защита от инсайдерских атак остается достаточно низкой. В ходе

исследования было определено понятие инсайдерского злоумышленника, установлены виды инсайдерских угроз, а также обозначены основные действия персонала перед инсайдерской атакой.

Определено, что степень инсайдерской угрозы определяется видом деятельности компании и ликвидностью информации, которая может стать предметом утечки. Больше всего утечек наблюдается в высокотехнологичных компаниях и медицинских учреждениях, при этом наиболее ликвидной является информация банков, финансовых учреждений, промышленных и коммерческих компаний.

В дальнейшем для определения уровня осведомленности российских компаний об инсайдерских угрозах предлагаем провести опрос среди руководителей подразделений безопасности или высших руководителей компаний России, отвечающих за информационную и кадровую безопасность, что позволит определить уровень инсайдерских угроз к экономической безопасности этих компаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Agrafiotis, I., Erola, A., Goldsmith, M., & Creese, S. (2017). Formalising Policies for Insider-threat Detection: A Tripwire Grammar. JoWUA, 8 (1), 26–43.
2. Mahajan, A., & Sharma, S. (2015). The malicious insiders threat in the cloud. International Journal of Engineering Research and General Science, 3 (2), 245–256.
3. Sanzgiri, A., & Dasgupta, D. (2016, April). Classification of insider threat detection techniques. Proceedings of the 11th annual cyber and information security research conference. (pp. 1–4).
4. Kont, M., Pihelgas, M., Wojtkowiak, J., Trinberg, L., & Osula, A.M. (2015). Insider threat detection study. NATO CCD COE. Tallinn.
5. Ring, M., Wunderlich, S., Grüdl, D., Landes, D., & Hotho, A. (2017). A toolset for intrusion and insider threat detection. Data Analytics and Decision Support for Cybersecurity. Cham: Springer.
6. Park, W., You, Y., & Lee, K. (2018). Detecting potential insider threat: Analyzing insiders' sentiment exposed in social media. Security and Communication Networks.
7. Elifoglu, I.H., Abel, I., & Taşseven, Ö. (2018). Minimizing insider threat risk with behavioral monitoring. Review of Business, 38 (2), 61–73.
8. Eggenschwiler, J., Agrafiotis, I., & Nurse, J. R. (2016). Insider threat response and recovery strategies in financial services firms. Computer Fraud & Security, 11, 12–19.
9. Abd J., J., & Hassan, H. (2020). Protecting trade secret from theft and corporate espionage: some legal and administrative measures. International Journal of Business & Society, 21.
10. Butkeviþius, R. (2019). Universal Model of Lost Profits Calculation. Ekonomika (Economics), 98 (2), 97–111.
11. Costa, D.L., Albrethsen, M.J., & Collins, M.L. (2016). Insider threat indicator ontology (υ CMU/SEI-2016-TR-007). Pittsburgh: Carnegie-Mellon University, 2016.
12. Whitty, M.T. (2018). Developing a conceptual model for insider threat. Journal of Management & Organization, 1–19.
13. InfoWatch. (2019). A Stud on Global Data Leaks in 2018. infowatch.com. Retrieved from [Электронный ресурс]. — URL: https://infowatch.com/sites/default/files/report/analytics/ Global_Data_Breaches_2018.pdf. (дата обращения 01.04.2023).

© Стрижков Владислав Александрович (218668@edu.fa.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.04

КЛИНИЧЕСКОЕ И ПРОГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ИНФАРКТА МИОКАРДА ПРИ ПЛАНОВОЙ КОРОНАРНОЙ АНГИОПЛАСТИКЕ У ПАЦИЕНТОВ С ИБС

CLINICAL AND PROGNOSTIC SIGNIFICANCE OF MYOCARDIAL INFARCTION IN PLANNED CORONARY ANGIOPLASTY IN CONDITIONS OF CORONARY ARTERY DISEASE

G. Bakudin
I. Trusov

Summary. Until now, the issue of diagnosis of myocardial infarction (MI) in coronary artery disease (ischemic heart disease) in radiation practice is not resolved. This is due to the absence of generally accepted signs of the disease when using different methods and with the limitations defined for the diagnostic methods used. Therefore, to solve this problem, it is necessary to continue research that expands the database, on the basis of which it will be possible to develop diagnostic criteria for coronary heart disease in the future. Particular attention is paid to the 4th type of myocardial infarction, which was a form of the consequences of percutaneous coronary intervention (confirmed by stent thrombosis) and the rarest type of MI. Diagnosis of this form of MI is a difficult task due to its different clinical course. The main prognostic parameter is considered to be the plasma level of troponin. However, the practical significance of type 4 myocardial infarction is still relevant and beyond doubt, requiring timely clinical evaluation, since it is a life-threatening condition.

Keywords: CHD, myocardial infarction, type 4, stenosis, diagnosis, angioplasty.

Бакудин Геннадий Геннадьевич
клинический ординатор, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова
bavulin@rambler.ru
Трусов Иван Сергеевич
кандидат медицинских наук, врач-кардиолог, отделение сердечно-сосудистой хирургии НИИ хирургии и неотложной медицины;
ассистент, ПСПбГМУ им. И.П. Павлова
trus-medic@rambler.ru.

Аннотация. До сих пор вопрос диагностики инфаркта миокарда (ИМ) при ИБС (ишемической болезни сердца) в лучевой практике является не решенным. Это связано с отсутствием общепринятых признаков заболевания при применении разных методов и с ограничениями, определенными для используемых способов диагностики. Поэтому, для решения этой проблемы необходимо продолжать исследования, расширяющие базу данных, на основании которой в дальнейшем станет возможна выработка диагностических критериев ИБС. Особое внимание уделяется 4-ому типу инфаркта миокарда, являющимся формой последствия применения чрескожного коронарного вмешательства (подтвержденным тромбозом стента) и самым редким типом ИМ. Диагностика данной формы ИМ является сложной задачей из-за разного его клинического течения. Основным прогностическим параметром считается плазменный уровень тропонина. Однако, практическая значимость инфаркта миокарда 4-го типа по настоящее время актуальна и не вызывает сомнений, требует своевременной клинической оценки, так как он является жизнеугрожающим состоянием.

Ключевые слова: ИБС, инфаркт миокарда, 4-й тип, стеноз, диагностика, ангиопластика.

В последнее время сердечно-сосудистые заболевания представляются одними из основных причин ранней инвалидности и летального исхода в экономически развитых странах. При этом отмечается снижение возраста заболевших на фоне роста заболеваемости. Сложившаяся ситуация позволяет рассматривать кардиоваскулярные патологии не только как медицинскую, но и как общесоциальную проблему [12].

В ходе исследования было установлено, что несмотря на то, что в последние 5 лет наблюдалась заметная тенденция к стабилизации, летальность от сердечно-сосудистых патологий в нашей стране существенно выше по сравнению с другими развитыми странами [3].

Факторами, оказывающими непосредственно неблагоприятное влияние на прогноз больных ИМ, являются разнообразное поражение венечных артерий (ВА), позднее обращение, неадекватность клинической помощи, недостаточное воздействие терапии, и др. [4; 6].

В последние годы предложены многие методы реваскуляризации такие как методы роскошного коронарного вмешательства (ЧКВ) и коронарного шунтирования (КШ) [15].

Анатомические особенности, коморбидные состояния, клиническое течение могут также играть роль в определении показаний к выбору метода лечения инфаркта миокарда и его исхода. При этом, ЧКВ считается универсальным методом при сравнении с КШ. Однако, наличие многососудистых поражений венечных сосудов представляется фактором вероятности серьезных послеоперационных осложнений (ишемии миокарда, и др.) при выполнении реваскуляризации. Поэтому, в кардиологической практике часто клиницисты сталкиваются с решением об отказе от любого метода хирургической реваскуляризации. Теоретические исследования так же подтверждают высокую летальность (до 28,5 %) [6] при использовании метода. Несмотря на внедрение современных методов диагностики, профилактики, и ле-

чения ИМ, до сих пор отмечается активный поиск среди исследователей в оценке хирургического лечения, особенно эндоваскулярных вмешательств [17].

Эпидемиологические данные ИМ

Особое внимание удаляется ишемической болезни сердца (ИБС), которая в настоящее время считается одним из наиболее распространенных заболеваний. Эпидемиологические данные показывают, что летальность от ИБС в мире составляет 13,2–15,8 %, в России — 22,3–52,8 %, превышая США в 3 раза, и в Японии — в 9 раз. В то же время частота инфаркта миокарда составляет 600/100000 случаев в США, 213–230 случаев в Великобритании, 250 случаев в Испании. При этом, ИМ является основной причиной летального исхода более, чем в 30 % случаев [19].

Каждый год в Европейских государствах от ИМ умирают примерно 4,1 миллиона человек. Согласно данным исследований, опубликованных в 2015 г., количество больных с патологиями ССС в Европейском союзе составило более 85 миллионов. На диагностику и лечение сердечно-сосудистых заболеваний, в том числе ишемической болезни сердца, было направлено около 111 млрд евро в год [25].

В мире ежегодно проводят около 2 млн процедур чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ). После сообщения А. Грюнцига (1977) о 1-м успешном проведении ЧКВ у человека прошло более 30 лет. За последние 10 лет общее число ЧКВ в Европе увеличилось в 3 раза. В России этот показатель в 2011 г. составил 440 операций из расчета на 1 млн населения и продолжает расти [12].

Клинические особенности ИМ при ИБС

В диагностике ИМ у больных с ишемической болезнью сердца врачи уделяют особый интерес клиническому обследованию, в которое входят сбор жалоб, анамнеза, физикальное обследование. Анамнез пациентов с инфарктом миокарда часто отличается наличием факторов риска (курения, стресса, ожирения, атеросклероза, гипертензии, и др.) и ранее перенесенной ИБС. Учитываются длительность периода заболевания, спровоцировавшие предикторы настоящей патологии (физическая нагрузка, инфекции, эмоциональная травма, и др.), данные о раннем проявлении ИБС у родственников [12].

Клинически главной жалобой ИМ считается болевой приступ, расположенный за грудиной. Здесь авторы рекомендуют оценить критерии болевого синдрома [11]: интенсивность, особенности болевых ощущений (иррадиация, локализация, ассоциация с каким-то фактором); частоту; толерантность к физической нагрузке; продолжительность (в минутах, в часах); наличие вегетативных симптомов (бледность слабость, потливость, рвота, тошнота); эффект применения анальгетиков, нитроглицерина.

Физикальное исследование выполняется с целью исключения наличия внесердечных причин болевого приступа, неишемических патологий сердца, факторов риска прогрессирования ишемии (например, анемия) [14].

Кардиологические методы исследование ИМ при ИБС

Для оптимальной диагностики ИМ, применяется комплекс мероприятий, включающий лабораторные (анализ крови, гемостаз, и др.) и инструментальные (электрокардиографию, ультразвуковое исследование сердца и его сосудов, эхокардиографию, рентгенографию грудной клетки) исследования [9].

Данными клинических рекомендаций Российского и Европейского кардиологического общества по ИБС (особенно ИМ) выявлено, что определение предтестовой вероятности (ПТВ) играет роль в оценке данной патологии. При ПТВ менее 5 % — исследование на риск инфаркта миокарда не проводится, при ПТВ — 5–15 % — необходимо проводить неинвазивную диагностику, при ПТВ 15–85 % — проводится инвазивный план диагностики ИМ, при ПТИ 85 и более % — использовать неинвазивные методы диагностики, как КТ-ангиографии [16].

Неинвазивные способы определения ишимических патологий базируются на данных ЭКГ, эхокардиографии и МРТ. Для провокации ишемического процесса используют фармакологические пробы и/или повсеместную физическую нагрузку, основанные на механизмах формирования ишемии — увеличении потребности сердечной ткани в кислороде при расстройстве его перфузии в результате вазодилатации. Особое внимание заслуживают данные о том, что неинвазивные методы применяются в верификации функциональных нарушений КА относительно инвазивных — для оценки фракционного резерва кровотока (ФРК), поэтому в настоящее время неинвазивным тестам отдается предпочтение [7].

Неинвазивную диагностику коронарных артерий можно осуществлять при помощи МСКТ-ангиографии, которая с высокой точностью показывает проявления атеросклеротических нарушений их просвета. В тоже время сужение ВА не всегда указывает на их функциональную значимость и наличие риска формирования ишемии миокарда. Нередко функциональный анализ инвазивного или неинвазивного способа применяется для подтверждения гемодинамической значимости диагностируемых изменений КС. Это позволяет решить, проводить или нет эндоваскулярную реваскуляризацию [8].

Широко используется ЭКГ в практике, особенно нагрузочного вида (тредмил-тест или велоэргометрия). Он позволяет исключить подозрение на патологии сердца при промежуточной ПТВ. Основные признаки на ЭКГ — косонисходящее или горизонтальное падение сегмента ST в течение 0,06–0,08 с в одном или нескольких отведениях после точки J. Диагностической особенностью ИМ является отклонение сегмента ST в покое в фазу восстановления. Электрокардиография ограничена при наличии исходных признаков ЭКГ, расстройств проводимости и ритма, которые не сопровождаются в динамике изменениями сегмента ST. Количество ложноположительных результатов повышается при изменении гипертрофией миокарда, электролитного баланса, фибрилляции предсердий [19].

Электрокардиография при физической нагрузке показывает высокую специфичность (85–90 %), но с низкой чувствительностью (45–50 %), поэтому при наличии промежуточной ПТВ ЭКГ рекомендуется для прогностической оценки. Сведения научных работ демонстрируют, что МСКТ коронарных сосудов увеличивает диагностическую эффективность обнаружения ишемических патологий сердца. В современных клинических рекомендациях для выявления патологий ССС акцент ставится на использовании неинвазивных визуализирующих методов установки ишемии миокарда в качестве первоначального теста диагностики [11].

Стресс-эхокардиография — способ выявления заболеваний сердца, который основан на определении сократимости миокарда при стимуляции кислородной потребности сердечной ткани. Он выполняется на фоне физической нагрузки, при этом оценивается толерантность пациента к активности, и характер изменений гемодинамических параметров. Специфичность в диагностике сердечных патологий равняет 84–88 %, а чувствительность — 80–85 % [21].

Другой тест, используемый в диагностике ИМ, является контрастной эхокардиографией (КЭ). Часто ее применяют в качестве контрастного усиления микропузырьков газа для исследования сердечной перфузии. Обычно венозный поток визуализируется — анэхогенной однородной средой, но контрастирование крови позволяет лучше визуализировать кровоток. Предложен ряд микропузырьковых специальных контрастных препаратов с целью повышения акустических свойств тканей. Газовые пузырьки сходят в ткань миокарда через венечные сосуды, что дает возможность определить перфузии сердца. КЭ применяется больным, у которых есть недостаточное акустическое окно. В настоящее время контрастная эхокардиография не получила широкого распространения в клинической практике из-за высокой стоимости [22].

Неинвазивный способ диагностики патологий ССС, основан на ядерно-магнитном облучении, и представляет собой МРТ сердца. Преимуществом этого способа считаются трехмерное изображение, возможность визуализации сердечной ткани любой проекции в тонких срезах, определение и функционального состояния, и анатомической структуры. Однако, он требует синхронизации с ЭКГ. Недостатки метода — наличие металлических имплантов и противопоказаний к применению контрастов. Специфичность — 84–86 %, чувствительность — 80–88 %. Однако, потребность в квалифицированном персонале и высокая стоимость делают этот метод малодоступным [23].

Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) базируется на построении изображений локального распределения радионуклидов [10]. ОФЭКТ в клинической практике широко используется в сочетании со стрессовой нагрузкой. Основной задачей ОФЭКТ является оценка кровотока миокарда. Наличие гипоперфузии выявляется уменьшением захвата радиоизотопа во время стресса относительно покоя. Однофотонная эмиссионная компьютерная томография позволяет установить ишемию миокарда, оценивать его жизнеспособность, определить наличие патологических процессов в нем, их локализацию и выраженность, сократительную функцию, выявлять очаговые рубцовые изменения. Специфичность ОФЭКТ составляет примерно 70 %, а чувствительность — 87 % [24].

МСКТ-ангиография венечных сосудов применяется в диагностике патологий ССС [9]. Он визуализирует эпикардиальные изменения коронарных артерий, наличие сужений, их выраженности. Показано, что лучшие результаты регистрируются при применении КТ высокого разрешения. Специфичность 84–90 %, а чувствительность — 98–99 %, прогностическую ценность результатов, позитивных — 99–100 % и отрицательных 91–93 %. Анализ литературы позволяет отметить, что КТ-ангиография используется для исключения обструктивных поражений КА, однако, при выраженном кальцинозе коронарных сосудов — резко уменьшается его диагностическая точность [25].

Методы лечение ИМ при ИБС

Лечение больных с ИБС, в том числе ИМ, проводится консервативным путем или хирургическим в 2-х направлениях. Первое — это симптоматическое, принимается для избавления от болевого приступа, следовательно, улучшение качества жизни и рабочей активности. Второе — профилактическое, для предупреждения формирования тяжелых осложнений [23].

По данным проводимых исследований, при стабильной динамике ИБС терапевтической разницы по продол-

жительности жизни и улучшению работоспособности между медикаментозным и оперативным лечением — нет. При этом, хирургическая терапия имеет ряд преимуществ: быстрое избавлении от болей, особенно при нестабильном течении ИБС [18].

Радикальным видом оперативной терапии ИБС представляется коронарное шунтирование. КШ — кардиохирургическое вмешательство, используемое под общей анестезией и через торакотомию или стернотомию. Оно может выполняться в условиях искусственного кровообращения.

Выявлено, что коронарное шунтирование связано со значительной травматичностью, поэтому и оказывает влияние на интра- и послеоперационного периодов [12].

В настоящее время КШ считается операцией выбора в условиях многососудистого поражения КА [2].

Имплантаты — шунты являются периферическими артериями предплечий, подкожными венами нижней конечности, и внутренними грудными артериями. Негативное последствие венозных шунтов представляется высокий риск их сужения или закрытия. Отмечено, что 7,2–11,5 % венозных имплантатов поражаются в течение 1 года после хирургического вмешательства [18].

Артериальные шунты — окклюзируются значительно реже. Результатами исследований показано, что более 90 % артериальных шунтов были даже проходимы спустя 10 лет после операции [13].

Другим эффективным методом реваскуляризации коронарных артерий представляется баллонная ангиопластика и стентирование. Этот вид терапии имеет ряд превосходство относительно коронарного шунтирования: стентирование КА — менее травматично; наименьшее количество интра- и послеоперационных осложнений (согласно научным данным, они составляют менее 1 %) [24].

Однако, эндоваскулярная реканализация имеет недостатки при сравнении с традиционным шунтированием: схожие результаты по встречаемости смертности при многососудистом поражении коронарных артерий; чрескожная ангиопластика связана с высоким риском повторной реканализации (из-за рестенозов, которые составляют в 15–21 %). Применение стентов с лекарственным покрытием сопровождалось существенным уменьшением количества рестенозов, с одной стороны, и дало новый толчок в расширении применения чрескожной реканализации, даже и при тяжелых формах ИБС, с другой [23].

В последние 5 лет наблюдалось существенное снижение применения операционных вмешательств и рост интервенционных у пациентов с ИБС на фоне бифуркационных поражений КА. Результатами ARTS II в сравнении применения стентирования и КШ в условиях многососудистого поражения обнаружено, что 53 % больных перенесли операцию одного БП. На данный момент выполняется 15–20 % всех вмешательств. Они являются сложными ситуациями эндоваскулярных реканализаций, поскольку частота осложнений значительно больше, чем небифуркационные поражении [17].

На основании ранее проведенных исследований можно отметить, что применение непокрытых стентов при истинных бифуркационных поражениях было сопряжено с развитием непосредственных и отдаленных последствий. Кроме того, исследователями было установлено, что на фоне развития интервенционной кардиологии у пациентов с истинными БП отмечается увлечение частоты — около 13 %, и количества повторной терапии стентированния — примерно 38 %, и встречаемости рестенозов — 62 %. Эти результаты в клинической медицине являлись пугающими, что привело к снижению применения чрескожной реканализации, и расширению использования коронарного шунтирования [6].

Разработка применения стентов с лекарственным (антипролиферативным) покрытием создала революцию в рентгенохирургии коронарных сосудов. Она улучшила результаты применения стентирования: снизила частоту рестеноза на 3–5 %, расширила показания к использованию чрескожного стентирования при бифуркационных поражениях [13].

Однако, данные опубликованных исследований за последние годы показали, что использование стентов с лекарственным покрытием в условиях бифуркационных поражений венечных артерий может быть безопасным в меньшей степени чем, при дискретных поражениях [4; 8].

Прогресс современных технологий производства венечных баллонов, имплантатов, проводников, катетеров сделали реальностью возможность защиты маленького сосуда. Разработаны многие стратегии для защиты боковых ветвей диаметром более 2,5 мм: T-, V-, Y-стентирование, способ целующихся баллонов, заведение двух проводников. Однако, для боковых ветвей с диаметром менее 2,5 мм в настоящее время отсутствует ангиопластика. Ряд авторов предлагает прямое стентирование., которое сопровождается значимым стенозом устья маленького сосуда. Другие ученые предлагают выполнить дилатацию устья сосуда при помощи ячейки стента [10].

В клинике считается целесообразным использование стенты с лекарственным покрытием. Данных о сравнение эффективности применения металлических стентов

и стентов с лекарственным покрытием в лечении сосудистых поражений, опубликованных в крупных рандомизированных работах, отсутствуют. Некоторые исследования, выполнены в НМИЦ ССХ им. А. Н. Бакулева, выявили, что применение покрытых стентов вело к уменьшению количества осложнений и повторных операций [21].

Клинические особенности ИМ 4-ого типа при ИБС

Согласно универсальной классификации инфаркта миокарда отмечено, что ИМ, связанный с выполнением процедуры ЧКВ и основанный на клинических и прогностических факторах, относят к 4-ому типу. По данным литературы, частота развития этого типа инфаркта варьируется в пределах 0,05–2,1 % случаев ИМ [12].

Данными эхокардиографии (ЭхоКГ) выявлено, что он не характеризуется развитием изменения местной сократительной способности левого желудочка, уменьшением фракции выброса, но более низким уровнем летальности по сравнению с другими видами ИМ [23].

Основными факторами, способствующими формированием инфаркта миокарда 4-го типа, являются: многососудистое поражение ВА; пожилой возраст; бифуркационные изменения; травматизм венозных шунтов; повторные реваскулярные вмешательства [14].

Включение раздувания баллона при проведении ЧКВ нередко ведет к развитию транзиторной ишемии, изменениями сегмента ST на ЭКГ, появлению загрудинной болью, но для формирования инфаркта миокарда важно наличие определенных периоперационных осложнений, как стеноз крупной или боковой ветви, диссекция венечных артерий, капиллярная обструкция и дистальная эмболизация, и др. [5].

Диссекция венечных сосудов развивается при стентировании в результате надрыва интимы, что ведет к развитию интрамуральной гематомы в средней оболочке и окклюзии просвета сосуда. Данное может быть причиной острой формы инфаркта миокарда и привести к развитию внезапной сердечной смерти. Расслоение ВА приводит к развитию явления «двойного просвета» и внутри сосуда с замедлением протекания контраста в дистальный его участок [17].

Феномен slow-no-reflow — другое периоперационное осложнение выполнения ЧКВ, способствующее ИМ 4-ого типа. Он заключается в неполном восстановлении кровеносного потока в дистальном участке пораженного сосуда после чрескожных коронарных вмешательств. Причиной slow-no-reflow представляется микроэмболизация ВА фрагментами разрушенного тромба и формируемым бляшки при реперфузионном лечении (транслюминальной ангиопластике и/или тромболитиками), и / или атеросклеротическим поражением мелких сосудов и капилляров. Иногда окклюзия пораженного сосуда комбинируется с локальным спастическим процессом мелких сосудов, приводя к нарушению микроциркуляции вплоть до образования множественных мелких некрозов миокарда [19].

В диагностике инфаркта миокарда 4а применяются разные клинические методы. Важную роль играет оценка содержания кардиоспецифических ферментов некротических процессов миокарда, особенно тропонина. Определение данного белка в крови обычно проводится до выполнения ЧКВ и после — в динамике [1].

На данный момент стандартно признано, что оценка плазменного содержания тропонина является нецелесообразной. Его назначают больным с клиническими признаками ИМ или признаками осложнений проводимого вмешательства [4].

У больных с нормальным уровнем тропонина (≤ 99-го перцентиля верхних референсных значений), перенесших чрескожные коронарные вмешательства, диагноз инфарктом миокарда представляется достоверный. Если наблюдается увеличение тропонина свыше 5 норм 99-го ПВРЗ в течение 2 суток после операции ЧКВ с наличием проявлений длительной ишемии миокарда (продолжительная боль за грудиной, ЭКГ ишемические изменения, патологический зубец Q, признаки окклюзии ВА, вновь возникшая утрата жизнеспособности миокарда или гипоакинезия / акинезия стенки желудочка при кардиовизуализации.

При наличии у больных высокого тропонина Т, критерием постановки диагноза инфаркта миокарда 4-ого типа считается увеличение его уровня на 20 % и более от нормы при наличии симптоматики ишемического процесса миокарда [20].

Если уровень тропонина до проведения ЧКВ соответствует нормальному пределу, а после операции наблюдается возрастание до 5 норм при отсутствии ишемических, кардиовизуализационных и ангиографических симптомов, это указывает на повреждение миокарда без формирования инфаркта миокарда [13].

До сих пор вопрос диагностики ИМ при ИБС в лучевой практике является не решенным. Это связано с отсутствием общепринятых признаков заболевания при применении разных методов и с ограничениями, определенными для используемых способов диагностики. Поэтому, для решения этой проблемы необходимо продолжать исследования, расширяющие базу данных, на основании которой в дальнейшем станет возможна выработка диагностических критериев ИБС.

Особое внимание удаляется 4-ому типу инфаркта миокарда, являющемуся формой последствия применения чрескожного коронарного вмешательства (подтвержденным тромбозом стента) и самым редким типом ИМ. Диагностика данной формы ИМ является сложной задачей из-за разного его клинического течения. Основным прогностическим параметром считается плазменный уровень тропонина. Однако, практическая значимость диагностики инфаркта миокарда 4-го типа по настоящее время актуальна и не вызывает сомнений, так как он является жизнеугрожающим состоянием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдрахманова А.И., Цибулькин Н.А., Амиров Н.Б., Маранцева А.О. Безболевой инфаркт миокарда // Вестник современной клинической медицины. 2021. Т. 14. № 3. С. 70–75.
2. Болдуева С.А., Евдокимов Д.С., Евдокимова Л.С., Колесниченко М.Г., Рождественская М.В. Миокардит, протекавший под маской инфаркта миокарда без обструктивного поражения коронарных артерий (клинический разбор) // Кардиология: новости, мнения, обучение. 2021. Т. 9. № 1 (26). С. 65–69.
3. Гамаюнов Д.Ю., Хаптанова В.А., Балабина Н.М., Калягин А.Н., Щербатых А.В., Виноградов В.Г., Рыжкова О.В., Маньков А.В., Синьков А.В. Ишемическая болезнь сердца: вопросы патогенеза, диагностики, лечения и экспертизы нетрудоспособности // Медицина и высокие технологии. 2021. № 3. С. 41–48.
4. Граматиков Д.Г., Хубулава Г.Г., Волков А.М., Любимов А.И. Клинико — ангиографические особенности пациентов с рецидивом стенокардии после прямой реваскуляризации миокарда // Военно-медицинский журнал. 2021. Т. 342. № 5. С. 38–44.
5. Козлов С.Г., Чернова О.В., Палеев Ф.Н. Неинвазивная диагностика стабильной ишемической болезни сердца у пациентов старших возрастных категорий // Атеросклероз и дислипидемии. 2021. № 2 (43). С. 24–34.
6. Ложкина Н.Г., Мукарамов И. Острая и хроническая сердечная недостаточность после инфаркта миокарда: клинические и функциональные маркеры // Медико-фармацевтический журнал Пульс. 2021. Т. 23. № 9. С. 83–90.
7. Мальчикова С.В., Трушникова Н.С., Казаковцева М.В., Максимчук-Колобова Н.С. Факторы сердечно-сосудистого риска, клинические проявления и тактика ведения инфаркта миокарда у пациентов старческого возраста и долгожителей в зависимости от гериатрического статуса // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2023. Т. 22. № 2. С. 14–23.
8. Марданян Г.В., Абугов С.А., Жбанов И.В., Пурецкий М.В., Поляков Р.С., Саакян Ю.М., Пиркова А.А., Вартанян Э.Л., Крайников Д.А., Лев Г.В. Отдаленные результаты чрескожных коронарных вмешательств и операции минимально инвазивного прямого коронарного шунтирования при сложных поражениях передней нисходящей артерии // Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал имени академика Б.В. Петровского. 2021. Т. 9. № 3 (33). С. 74–81.
9. Марданян Г.В., Абугов С.А., Жбанов И.В., Пурецкий М.В., Поляков Р.С., Саакян Ю.М., Пиркова А.А., Вартанян Э.Л., Крайников Д.А., Лев Г.В. Отдаленные результаты чрескожных коронарных вмешательств и операции минимально инвазивного прямого коронарного шунтирования при сложных поражениях передней нисходящей артерии // Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал имени академика Б.В. Петровского. 2021. Т. 9. № 3 (33). С. 74–81.
10. Польшакова И.Л., Поветкин С.В. Клиническая характеристика и анализ фармакотерапии пациентов с фибрилляцией предсердий и ишемической болезнью сердца в амбулаторной практике по данным исследования рекур-фп // Терапия. 2021. Т. 7. № 2 (44). С. 50–55.
11. Пономарева А.А. Прогностические факторы риска клинических исходов пациентов с сахарным диабетом 2 типа и новой коронавирусной инфекцией // Эндокринология. Новости. Мнения. Обучение. 2021. Т. 10. № 3 (36). С. 106–108.
12. Сазоненков М.А., Исматов Х.Х., Москалев А.С., Эрнст Э.Э., Селюкова Е.И. Обзор методик и практика реконструктивных вмешательств на митральном клапане за период 2015-2020 гг. В кардиохирургическом отделении белгородской областной клинической больницы святителя иоасафа // Актуальные проблемы медицины. 2021. Т. 44. № 1. С. 109–125.
13. Тасыбаев Б.Б. Вариант алгоритма прогнозирования острого повреждения почек при инфаркте миокарда у мужчин моложе 60 лет// Медико-фармацевтический журнал Пульс. 2023. Т. 25. № 1. С. 29–37.
14. Тополянская С.В., Елисеева Т.А., Балясникова Н.А., Вакуленко О.Н., Привалова Е.А., Дворецкий Л.И. Состав тела и функциональные способности долгожителей с ишемической болезнью сердца // Клиническая геронтология. 2021. Т. 27. № 7–8. С. 5–12.
15. Шарафеев А.З., Индербиев Т.С., Халирахманов А.Ф. Реваскуляризация миокарда у пациентовс ишемической болезнью сердца и сахарным диабетом // Вестник современной клинической медицины. 2020. Т. 13. № 1. С. 65–76.
16. Шибеко Н.А., Гелис Л.Г., Русак Т.В. Диагностические признаки реперфузионного повреждения миокарда при коронарном шунтировании // Неотложная кардиология и кардиоваскулярные риски. 2021. Т. 5. № 1. С. 1167–1172.
17. Ягода А.В., Гладких Н.Н., Белоцерковская М.И., Михайленко Е.М., Батаева А.С., Долженко Т.А., Ушакова О.В. Диагностированный при жизни отрыв эндокарда у больного постинфарктным кардиосклерозом с формированием субэндокардиальной аневризмы // Терапия. 2021. Т. 7. № 1 (43). С. 124–1
18. Яхонтов Д.В., Сукманова И.А., Пинаева А.С., Сердечная А.Ю. Овременные возможности диагностики ишемии миокарда // Бюллетень медицинской науки. 2021. № 1 (21). С. 27–38.
19. Amin A.M. Metabolomics applications in coronary artery disease personalized medicine // Adv Clin Chem. 2021. №102. P. 233–270.
20. Barstow C., McDivitt J.D. Cardiovascular Disease Update: Care of Patients After Coronary Artery Bypass Graft // FP Essent. 2017. № 454. P. 29–33. PMID: 28266826.
21. Boudoulas K.D., Triposciadis F., Geleris P., Boudoulas H. Coronary Atherosclerosis: Pathophysiologic Basis for Diagnosis and Management // Prog Cardiovasc Dis. 2016. № 58(6). P. 676–92.
22. Cockburn J., Hildick-Smith D., Trivedi U., de Belder A. Coronary revascularisation in the elderly // Heart. 2017. № 103(4). P. 316–324.
23. Zellweger M.J. Sugar-like gravel in the gearbox and the question whether diabetes is a coronary artery disease equivalent // J Nucl Cardiol. 2021. № 28(4). P. 1234–1235.
24. Bauersachs R., Zeymer U., Brière J.B., Marre C., Bowrin K., Huelsebeck M. Burden of Coronary Artery Disease and Peripheral Artery Disease: A Literature Review // Cardiovasc Ther. 2019. № 26. P. 2019:8295054.
25. Richards C.E., Obaid D.R. Low-Dose Radiation Advances in Coronary Computed Tomography Angiography in the Diagnosis of Coronary Artery Disease // Curr Cardiol Rev. 2019. № 15(4). P. 304–315.

© Бакудин Геннадий Геннадьевич (bavulin@rambler.ru); Трусов Иван Сергеевич (trus-medic@rambler.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.05

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТА ПРИ ЛЕЧЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ОСТЕОАРТРОЗА КОЛЕННОГО СУСТАВА ГИАЛУРОНОВОЙ КИСЛОТОЙ В СОЧЕТАНИИ С ОБОГАЩЕННОЙ ТРОМБОЦИТАМИ ПЛАЗМОЙ[1]

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECT IN THE TREATMENT OF VARIOUS TYPES OF OSTEOARTHRITIS OF THE KNEE JOINT WITH HYALURONIC ACID IN COMBINATION WITH PLATELET-RICH PLASMA

A. Belov
O. Belova
E. Belova
P. Biskaev

Summary: In the last decade in medicine, there has been a significant increase in interest in the treatment of osteoarthritis of large joints with the help of platelet-rich plasma (Platelet Rich Plasma — hereinafter referred to as PRP). This is due to its effectiveness with absolute safety. rather low cost and lack of dependence on the supplies of pharmaceutical companies. This biotechnological method has been used in dentistry, ophthalmology, cosmetology, cardiology, combustiology for about 30 years. In the last decade, traumatologists and orthopedists have begun to actively use PRP for the treatment of injuries of muscles, tendons, ligaments, and osteoarthritis. We proposed to combine platelet-rich plasma with hyaluronic acid for intra-articular injections in osteoarthritis of the knee, taking into account special rheological properties of glycosaminoglycan, allowing the formation of a matrix with pronounced viscoelastic properties.

Keywords: platelet-rich plasma, hyaluronic acid, regeneration, traumatology, orthopedics, osteoarthritis, knee joint.

Белов Александр Николаевич
Ассистент, Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого
orthopaed-belov@yandex.ru
Белова Ольга Анатольевна
Ассистент, Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого
ulyabelova@mail.ru
Белова Елизавета Александровна
Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого
belova.liza68@gmail.com
Бискаев Павел Олегович
Ординатор, Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого
biskaevp@gmail.com

Аннотация: В последнее десятилетие в медицине отмечается значительный рост интереса к лечению остеоартрозов крупных суставов с помощью обогащенной тромбоцитами плазмой (Platelet Rich Plasma — далее PRP). Это объясняется ее эффективностью при абсолютной безопасности. достаточно низкой себестоимости и отсутствия зависимости от поставок фармкомпаний. Этот биотехнологический метод уже около 30 лет применяется в стоматологии, офтальмологии, косметологии, кардиологии, комбустиологии. В последнее десятилетие травматологии и ортопеды стали активно использовать PRP для лечения травм мышц, сухожилий, связок и при остеоартрозах. Нами предложено сочетать обогащенную тромбоцитами плазму с гиалуроновой кислотой для внутрисуставных введений при остеоартрозах коленного сустава, учитывая особые реологические свойствами гликозаминогликана, позволяющие образовывать матрикс, обладающий выраженными вязкоупругими свойствами.

Ключевые слова: обогащенная тромбоцитами плазма, гиалуроновая кислота, регенерация, травматология, ортопедия, остеоартроз, коленный сустав.

Введение

Одним из наиболее распространенных заболеваний суставов в практике врача-ортопеда является остеоартроз — дегенеративно-дистрофическое заболевание суставов, характеризующееся первичной дегенерацией суставного хряща с последующим изменением суставных поверхностей и развитием краевых остеофитов, что приводит к деформации суставов. Это самое частое заболевание суставов на сегодняшний день, которым страдают не менее 20 % населения Земли. Манифестация заболевания происходит в возрасте 40–50 лет, у женщин совпадая с началом менопаузы. Среди населения всех возрастных групп регистрируют около 10–

[1] Исследование выполнено при финансовой поддержке «Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности» в рамках реализации научного проекта № 2022110709031 «Возможности применения терапии обогащенной тромбоцитами плазмы у пациентов с метаболическими вариантами гонартроза»

14 % больных ОА. В возрастной группе старше 50 лет их количество составляет 27,1 %, старше 60 лет — 97 % [4].

В настоящее время в лечении остеоартроза коленного сустава используют четыре основных метода внутрисуставных инъекций: глюкокортикостероидами, гиалуроновой кислотой, обогащенной тромбоцитами плазмой, аутологичными мезенхимальными стволовыми клетками. У пациентов, которые не получают положительный эффект от консервативной терапии, могут быть использованы хирургические вмешательства: артроскопический метод, корригирующая остеотомия или эндопротезирование сустава [9]. Конечно, пациент старается избежать или отсрочить хирургический метод лечения, а задача врача ему в этом помочь.

Понятие Обогащенная тромбоцитами плазма — это плазма крови пациента, с увеличенным количеством тромбоцитов до 1 600 000/мкл, тогда как, в норме у человека в 1 мкл содержится 200–350 тысяч тромбоцитов [2]. Тромбоциты — это естественный источник факторов роста и цитокинов, которые привлекают к месту повреждения другие клетки, тем самым ускоряя регенеративные процессы в поврежденных тканях. Факторы роста — это естественные белки человеческого организма, способные стимулировать рост, пролиферацию и дифференцировку клеток. Они включают в себя:

TGFB1 Трансформирующие факторы роста Beta
PDGF Тромбоцитарные факторы роста
IGF1 Инсулиноподобные факторы роста
FGF1 Факторы роста фибробластов
EGF Эпидермальный фактор роста
VEGF Васкулоэндотелиальный фактор ростах [8].

Важным функциональным свойством плазмы, богатой тромбоцитами, является ее способность активировать фибробласты, которые, в свою очередь, стимулируют синтез коллагена III типа и компонентов основного вещества дермы, а именно гиалуроновой кислоты и эластина, что в комплексе способствует образованию молодой соединительной ткани, стимулирует ангиогенез, уменьшает воспаление и сроки репарации тканей [11]. PRP также содержит и ингибиторы ангиогенеза (эндостатин, фибронектин, PF4, α2-макроглобулин и др.), которые, согласно механизму обратной отрицательной связи, ограничивают избыточный ангиогенез [3]. Позитивное действие PRP включает сбалансированное сочетание провоспалительных и противовоспалительных факторов. PRP также подавляет высвобождение цитокинов (IL-1, IL-6, IL-8), уменьшая воспалительную реакцию. Собственно, плазма крови обладает противовоспалительным и обезболивающим действиями, сопоставимыми с влиянием кортикостероидных препаратов [5, 6].

Гиалуроновая кислота (ГК) — уникальный гликозаминогликан, который способен в водных растворах преобразовываться в трехмерную структуру, образуя матрикс. В настоящее время подтверждено участие ГК в процессах восстановления и регенерации тканей, клеточной дифференцировке, морфогенезе, ангиогенезе и процессе воспаления. При экзогенном введении ГК улучшает структуру соединительной ткани, запускает процессы регенерации, тормозит миграцию гранулоцитов, макрофагов и лимфоцитов периферической крови, не снижая активность фибробластов и эпителиальных клеток [10]. Одна из основных функций ГК — связывание воды, что способствует улучшению дренажной функции в тканях, улучшает их гидрофильность и эластичность и в течение последующих 2–3 недель при внутрисуставном введении стимулирует образование собственных коллагеновых волокон, способствуя повышению плотности соединительной ткани.

Согласно данным литературы, PRP и гиалуроновая кислота не оказывают друг на друга негативного действия [12], напротив, добавление HA к PRP оказывает более сильное противовоспалительное действие и значительно ускоряет процессы регенерации по сравнению с отдельным применением как гиалуроновой кислоты, так и плазмы, обогащенной тромбоцитами, что способствует повышению эффективности процедуры в несколько раз и увеличивает продолжительность клинических результатов [1].

Цель исследования

Разработка методики получения и введения уже обогащенной тромбоцитами плазмы, стабилизированным глюконатом в смешении с гиалуроновой кислотой при остеоартрозах коленного сустава, оценка ее эффективности и безопасности.

Материалы и методы

В рамках проведения научного исследования в течение 2 лет нами было пролечено 42 пациента (27 женщин и 15 мужчин) в возрасте от 42 до 64 лет с остеоартрозами коленных суставов 2–3 степени по Kellgren & Lawrence. Для получения обогащенной тромбоцитами плазмы производится забор венозной крови в шприц, с заранее набранным 1,5 мл антикоагулянта, с помощью иглы «бабочки» в количестве 15 мл. Кровь пациента в шприце сначала перемешивается 8-ми образными движениями, после чего, при помощи иглы переносится в пробирку YCELLBIO-KIT и охлаждается 40 минут при температуре +4°C. Затем подвергается двукратному центрифугированию в ротаторной центрифуге, скорость 3400 оборотов. В результате чего лейкоцитарно-тромбоцитарный слой (ЛТС) перемещается в узкий перешеек пробирки, из которого с помощью иглы осуществляется забор ЛТС, что и является обогащенной тромбоцитами плазмой с помощью стабилизированного глюконата кальция (содержит

около 1 000 000–1 600 000 тромбоцитов на 1 мкл). Перед внутрисуставным введением производилось смешение с низкомолекулярной фракцией гиалуроновой кислоты 1.5 % в течение 3–5 недель. А через 6 месяцев 2 % ГК однократно. В результате чего уже на следующий день значительно уменьшается выраженность болевого синдрома, ускоряются процессы регенерации поврежденных тканей, что резко сокращает период восстановления.

В результате мы получили уменьшение выраженности болевого синдрома на 5 сутки, ускорение регенеративных функций, восстановление функции сустава в течение 2 недель. В рамках проведения научной работы лечение получили 30 пациентов с разрывами мышечно-связочного аппарата и остеоартритами. Во всех случаях длительность травмы составляла от 1 до 14-ти дней.

Для оценки специфических симптомов и ограничения функции коленного сустава нами использована шкала WOMAC. До начала курса инъекций средняя оценка по шкале WOMAC составила 74 балла. По результатам наблюдения отмечено, что у 24 из 28 пациентов активность боли по шкале WOMAC составляла в среднем от 17 до 27 баллов после 1-й инъекции и в течение 1-й недели, а у 4 из 28 пациентов — 37 и 43 балла соответственно. Через 3 мес оценка боли по шкале WOMAC в среднем составила 20 баллов, даже у тех пациентов, у которых в первую неделю после проведенного курса отмечалось лишь незначительное снижение болевого синдрома, что соответствует низкой, незначительной болевой активности. Через 6 мес с момента окончания курса инъекций данный показатель достиг 31 балла. Большинство пациентов испытывали болевые ощущения в суставах лишь при спуске по лестнице, после длительной ходьбы (более 2 ч), а также после длительной тяжелой работы по дому. Авторы сделали вывод, что PRP-терапия является эффективным средством для лечения пациентов старшей возрастной группы (от 60 до 80 лет) с выраженными проявления гонартроза 2–3-й степени.

Выводы

Применение внутритканевой имплантации PRP при острой травме мышц, сухожилий и связочного аппарата обеспечивает уменьшение выраженности болевого синдрома уже на следующей день после введения PRP, ускорение регенерации поврежденных тканей, восстановление функции травмированной конечности и возвращение спортсмена к тренировкам в течение 1–2 недель, в зависимости от размера повреждения.

Аутоплазма обогащенная тромбоцитами обладает рядом полезных свойств: ускоряет процессы регенерации тканей, противовоспалительный эффект, снижение болевого синдрома, что открывает еще большие перспективы для применения в хирургии, травматологии.

Полученные данные показали, что наибольшая эффективность от введения комбинации плазмы, обогащенной тромбоцитами, и гиалуроновой кислоты определялась у пациентов до 50 лет. Проведенное исследование показало, что введение комбинации аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами, с гиалуроновой кислотой является безопасным и вместе с тем эффективным методом лечения остеоартроза коленного сустава, способствует быстрому купированию болевого синдрома, уменьшение тугоподвижности, улучшение функции суставов. Все это положительно сказывается на качестве жизни пациентов и отдаляет срок эндопротезирования.

Можно с уверенностью констатировать, что применение обогащенной тромбоцитами плазмы приобретает с каждым годом все больше сторонников этого метода. Не последнюю роль играет его высокая безопасность и доступность. Кроме того, в изложенных работах отмечают его высокую эффективность в снижении болевого синдрома и его продолжительности, лучшие показатели функциональных тестов. Применение обогащенной тромбоцитами плазмы остается перспективным направлением в работе ортопедов. Дальнейшие наблюдения и разработка единых стандартов применения обогащенной плазмы позволили достоверно судить о результатах ее применения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bennell K, Hunter D, Paterson K. Platelet-rich plasma for the man-agement of hip and knee osteoarthritis. Curr Rheumatol Rep. 2017;19-24. https://doi.org/10.1007/s11926-017-0652-x.
2. Foster T, Puskas B, Mandelbaum B, Gerhardt M, Rodeo S. Plate-let-rich plasma. Am J Sports Med. 2009; 37:2259-2272. https://doi.org/10.1177/0363546509349921
3. Moussa M, Lajeunesse D, Hilal G, el Atat O, Haykal G, Serhal R. Platelet rich plasma (PRP) induces chondroprotection via increasing autophagy, anti-inflammatory markers, and decreasing apoptosis in human osteoarthritic cartilage. Exp Cell Res. 2017;352:146-156.
4. Martini A. Single Platelet-Rich Plasma Injection for Early Stage of Osteoarthritis of the Knee. Joints. 2017;5:2-6.
5. Ачкасов Е.Е., Безуглов Э.Н., УльяновА.А., Куршев В.В., Репетюк А.Д., Егорова О.Н. Применение аутоплазмы, обогащенной тромбоцитами, в клинической практике. Биомедицина. 2013;1(4):46-59.
6. Загородный Г.М., Муха П.Г., Ясюкевич А.С., Гулевич Н.П. Отечественный и зарубежный опыт применения PRP-терапии в медицине и спортивной практике. Прикладная спортивная наука. 2017;4:83-91.
7. Климовицкий В.Г., Соловьев И.А. Применение плазмы, обогащенной тромбоцитами, в лечении повреждений мягких тканей. Травма. 2015;16(6):77–80.

8. Конторщикова К.Н., Шахова К.А., Янченко О.С., Тихомирова Ю.Р., Булат В.В., Булат А.В. Определение тромбоцитарных факторов роста в необогащенной тромбоцитами плазме. Медицинский альманах. 2018;2(53):41–44.
9. Лисицын М.П., Заремук А.М, Лисицына Е.М., Атлуханов Р.Я. Применение обогащенной тромбоцитами аутоплазмы крови в лечении гонартроза. Эндоскопическая хирургия. 2020;26(6):49–62.
10. Рябинин С.В., Самодай В.Г. Использование аутологичной обогащенной тромбоцитами плазмы в лечении гонартроза. Практическая медицина. 2018;16(6):190–194.
11. Чесников С.Г., Розенберг Д.В., Тимошенко М.Е., Дедяев С.И. Опыт применения методики PRP-терапии в лечении пациентов с гонартрозом. Издательство: Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства. М. 2018.
12. Халимов Э.В., Савельев С.Н., Халимов А.Э., Нуриев Р.Ф., Очкуренко А.А. Возможности применения обогащенной тромбоцитами аутоплазмы в лечении остеоартроза коленного сустава. Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2016; 23–27.

© Белов Александр Николаевич (orthopaed-belov@yandex.ru); Белова Ольга Анатольевна (ulyabelova@mail.ru);
Белова Елизавета Александровна (belova.liza68@gmail.com); Бискаев Павел Олегович (biskaevp@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.12

РОЛЬ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПРЕДИКТОРОВ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ТЯЖЕСТИ БОЛЕЗНИ КРОНА

THE ROLE OF GENETIC PREDICTORS IN PREDICTING THE SEVERITY OF CROHN'S DISEASE

M. Danilov
A. Chegodar
N. Bodunova
I. Khatkov
S. Bykova

Summary: Crohn's disease (CD) is a chronic inflammatory bowel disease that occurs with periods of exacerbations and remissions. The etiology of CD is not fully understood. Pathogenetic mechanisms are realized as a result of the interaction of environmental factors, genetic factors, the response of the immune system and changes in the host microbiome, which leads to inflammation of the gastrointestinal mucosa. The variety of clinical manifestations, as well as extraintestinal complications, make it difficult to timely diagnose CD. The clinical picture varies depending on the degree of inflammation, severity and extent of the lesion from minimal clinical symptoms to severe, widespread transmural lesions of the digestive tube. The review presents the role of genetic predictors in the context of predisposition to CD and predicting the severity of its course.

Keywords: Crohn's disease, genetics, HLA, genetic polymorphisms.

Данилов Михаил Александрович
К.м.н., ГБУЗ «Московский клинический научно-практический центр им. А.С. Логинова», Москва
m.danilov@mknc.ru
Чегодарь Анжелика Сергеевна
Врач КЛД, врач-лабораторный генетик, ГБУЗ «Московский клинический научно-практический центр им. А.С. Логинова», Москва
a.chegodar@mknc.ru
Бодунова Наталья Александровна
к.м.н., Врач-гастроэнтеролог, ГБУЗ «Московский клинический научно-практический центр им. А.С. Логинова», Москва
n.bodunova@mknc.ru
Хатьков Игорь Евгеньевич
Академик РАН, д.м.н., профессор, ГБУЗ «Московский клинический научно-практический центр им. А.С. Логинова», Москва
info@mknc.ru
Быкова Светлана Владимировна
к.м.н., Врач-гастроэнтеролог, ГБУЗ «Московский клинический научно-практический центр им. А.С. Логинова», Москва
s.bykova@mknc.ru

Аннотация. Болезнь Крона (БК) — хроническое воспалительное заболевание кишечника, протекающее с периодами обострений и ремиссии. Этиология БК до конца не изучена. Патогенетические механизмы реализуются в результате взаимодействия факторов окружающей среды, генетических факторов, ответа иммунной системы и изменений микробиома хозяина, что приводит к воспалению слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта. Многообразие клинических проявлений, а также внекишечные осложнения создают трудности своевременной диагностики БК. Клиническая картина варьирует в зависимости от степени воспаления, тяжести и протяженности поражения от минимальных клинических симптомов до тяжелого, распространенного трансмурального поражения пищеварительной трубки. В обзоре представлена роль генетических предикторов в контексте предрасположенности к БК и прогнозирование тяжести ее течения.

Ключевые слова: болезнь Крона, генетика, HLA, генетические полиморфизмы.

Сокращения

ВЗК — воспалительные заболевания кишечника

БК — болезнь Крона

HLA (human leukocyte antigens) — лейкоцитарный антиген человака

MHC (major histocompatibility complex) — гены главного комплекса гистосовместимости

GWAS (genome-wide association studies) — полногеномный поиск ассоциаций

SNP (single nucleotide polymorphism) — однонуклеотидный полиморфизм

Введение

Болезнь Крона (БК) — хроническое воспалительное заболевание, при котором может поражаться желудочно-кишечный тракт от ротовой полости до заднего про-

хода, что обеспечивает гетерогенность клинических проявлений. Многообразие клинических проявлений, а также внекишечные осложнения создают трудности своевременной диагностики БК. Особенности западного образа жизни и урбанизация являются важными факторами риска развития воспалительных заболеваний кишечника (ВЗК), в большей степени БК и в меньшей степени язвенного колита, и обеспечивают рост их заболеваемости [1].

Заболеваемость ВЗК варьирует в зависимости от географического положения и промышленного развития страны. Распространенность БК варьирует в пределах 3,6–7,7 на 100 тысяч человек и прогнозируется, что в ближайшее время она будет значительно возрастать [2]. Заболевание может развиться в любом возрасте, но чаще всего манифестирует в трудоспособном возрасте до 30 лет. При этом продолжает увеличиваться стоимость лечения больных БК, что указывает на необходимость предвидеть будущие трудности, вовремя диагностировать заболевание и прогнозировать тяжесть его течения, т.к. периоды обострения БК могут быть длительными, а активность заболевания высокой [3]. В отличие от язвенного колита при БК развивается гранулематозное поражение всей толщи стенки кишки [4]. БК характеризуется сегментарным поражением, самая частой локализацией заболевания является терминальный отдел подвздошной кишки. Микроскопическая картина при БК характеризуется утолщением подслизистого слоя, трансмуральным воспалением, наличием продольных язв и неказеозных гранулем. Клиническая картина заболевания проявляется многообразием симптомов: часто болью в животе, повышением температуры тела и диареей. При этом симптомы, как правило, развиваются при наличии субкомпенсированного стеноза пораженного отдела кишки, что зачастую при несвоевременной диагностике и начале лечения может приводить к серьезным хирургическим осложнениям [5].

Основываясь на эпидемиологических, генетических и иммунологических данных, БК считается гетерогенным заболеванием с многофакторной этиологией и сложным патогенезом [6]. В патогенезе заболевания предполагается значение изменений иммунологической реактивности, дисбиотических нарушений, аллергических реакций, генетических факторов, нервно-психических нарушений. Генетическая предрасположенность (связь с *HLA*-антигенами) позволяет реализоваться различным повреждающим факторам: токсины, аутоантигены, бактериальные антигены и другие [7].

Лейкоцитарные антигены человека (HLA)

Лейкоцитарные антигены человека, располагаются в хромосоме *6p21.3* и кодируют мембранные белки главного комплекса гистосовместимости (от англ. *MHC*, *major histocompatibility complex*), отвечающие за регуляцию иммунной системы. К функциям MHC относятся процессинг антигена, его презентация для распознавания иммунными клетками, передача сигналов трансдукции и регуляция факторов транскрипции [8].

Молекулы MHC, кодируемые *HLA* 1-го класса, присутствуют на поверхности большинства соматических клеток и представляют собой эндогенные антигены, для распознавания иммунными клетками. Это происходит путем расщепления белка антигена на короткие пептиды, которые в свою очередь транспортируются в эндоплазматический ретикулум, где они связываются с MHC 1-го класса и переносятся к поверхности клетки. Представленный антиген распознается CD8+ Т-клетками и становится эффекторным к Т-лимфоцитам и естественным клеткам-киллерам, продуцирующим лимфокины и хемокины, в случае чужеродности представленного антигена. Это способствует привлечению других клеток, обладающих цитолитической активностью к очагу воспаления, и разрушению чужеродных клеток [9].

Существует несколько гипотез, пытающихся объяснить, каким образом вариабельность в генах *HLA* 1-го класса может вызвать БК. Молекулы *HLA* 1-го класса играют важную роль в распознавании инфекций бактериальной и вирусной природы, поэтому взаимодействие с этими микроорганизмами в кишечнике, может приводить к развитию БК посредством молекулярной мимикрии (активируя Т-клетки и действуя как суперантигены). Помимо данного механизма *HLA* 1-го и 2-го класса способствуют большей презентации антигена для CD8+ и CD4+ Т-клеток, а также подавляют активность клеток-киллеров, контролируя баланс между активирующими и тормозными рецепторами на их поверхности [10].

На сегодняшний день имеется достаточное количество исследований, доказывающих важность *HLA* аллелей в развитии БК. Гены *HLA*-системы различаются в зависимости от национальной принадлежности человека. Было обнаружено, что у жителей Японии имеется положительная ассоциация *HLA-DR*4 и *-DQ*4 с БК (*-DRB*1*0405, *-DRB*1*0410, *-DQA*1*03, *-DQB*1*0401 и *-DQB*1*0402 — положительная связь, *-DRB*1*1501, *-DRB*1*1302 и *-DQB*1*0602 — отрицательная связь). Данные мета-анализа 2014 г. Свидетельствуют о положительной взаимосвязи *HLA-DRB*1*0405 и отрицательной с *DRB*1*1502, при этом другие локусы, о которых сообщалось ранее, подтверждены не были. Анализ генов *-DP* не продемонстрировал значимую связь с БК. Анализ гаплотипов выявил положительную связь *-DRB*1*0405, *-DQA*1*03, *-DQB*1*0401, *DRB*1*0410, *-DQA*1*03, *-DQB*1*0402 и *-DRB*1* 0802, *-DQA*1*03, *-DQB*1*0402 гаплотипов с болезнью Крона, и отрицательную — *DRB*1*1501, *-DQA*1*0102, *-DQB*1*0602 и *-DRB*1*1302, *-DQA*1*0102, *-DQB*1*0604. Доказано, что аллель *HLA-DQB*1*04 является предиктивным

при развитии БК, а *HLA-DQA*1*0102 является протективным [11].

Гены *HLA* 2-го класса играют основную роль в генетический предрасположенности к БК, потому что их продукты участвуют в презентации антигенов и иммунной реакции. В нескольких исследованиях была продемонстрирована ассоциация между генотипами *HLA-DR* и *–DQ* и развитием БК, однако многие подобные ассоциации до сих спорны. В настоящее время доказана положительная ассоциация БК с *-DR*7, *-DRB*3*0301 и *-DQ*4, отрицательная — с *-DR*2 и *-DR*3. Периферические артропатии при БК являются *HLA*-ассоциированным проявлением заболевания (*HLA-B**27) [12].

Данные международных исследований, изучающих ассоциация *HLA* 1 и 2-го класса с БК, противоречивы. С одной стороны, это ограниченные выборки пациентов, с другой стороны — разнородность по национальной принадлежности, а также отличия используемых методов и клинического течения заболевания. При изучении французской популяции, было продемонстрировано увеличение частоты аллеля *-DQB*1*0501 и снижение частоты аллелей *-DQB*1*0602/0603. В ходе проведенного анализа *-DRB*1 были получены данные о 3-х ассоциациях: увеличение частоты аллелей *-DRB*1*01 и *-DRB*1*07 и снижение частоты аллеля *-DRB*1*03 [13].

Среди жителей Кавказа имеются значимые различия в частоте аллеля *-DRB*1*03: у пациентов со свищевой формой БК — 3 %, у здоровых пациентов — 25 %. Внекишечные проявления БК чаще были связаны с аллелем *-DRB*1*03, а аллель *HLA-B**44 был более связан с БК с симметричным артритом. Таким образом, отбор с БК и отсутствием аллеля *-DRB*1*0103 может влиять на тактику ведения пациентов, в частности более агрессивного хирургического лечения пациентов данной группы. Akolkar и соавт. Провели *HLA*-типирование среди Ашкеназов с БК и не выявили взаимосвязь с *-DR*1 или *-DR*13, кроме того, имелась отрицательная ассоциация с *-DR*7 и *-DQ*2 [14].

Okada и соав. Пришли к выводу, что гаплотип *HLA-B**5201, *-Cw**1202, *-DRB*1*1502 оказывает протективное действие в отношении БК у населения Японии. Специфические патогены, распознаваемые этим гаплотипом, будут способствовать пролиферации и дифференцировке наивных Т-хелперов и индуцировать их дисбаланс в кишечном иммунном ответе [15]. Вопреки результатам японских ученых, данный гаплотип не имеет такого влияния на европейское население.

Существует ассоциация между локусами и генами *MIR*21 и *HLA*-системы, выявленная при помощи GWAS (genome-wide association studies). Перифирические артропатии при целиакии хорошо известны и классифицируются как *HLA-B**27-связанная спондилоартропатия. Однако предыдущие исследования *HLA*-системы при БК продемонстрировали эту ассоциация только с основным проявлением заболевания, а не с периферической артропатией. Артропатия 1-го типа была связана с *HLA-DRB*1*0103 (*-DR*103, редкий подтип *-DR*1) у 33 % и сочетается с внекишечными проявлениями (артропатия, узловая эритема, увеит), *-B**35 у 30 % и *-B**27 у 26 % пациентов. Напротив, тип 2 был связан с *HLA-B**44 в 62 %. [16]. Эти данные свидетельствуют о том, что клиническая классификация артропатий на 1 и 2 тип соотносится с различными иммуногенетическими типами, это означает, что гены *HLA* играют важную роль в определении клинического течения артропатии при БК. Перифирическая артропатия 2-го типа не связана аллелем *HLA-B**27 и его иммуногенетическими характеристиками, это указывает на отличную этиологию других серонегативных спондилоартрий. Было высказано предположение, что *HLA-B**44, который связан с артропатией 2-го типа, может являться частью расширенного гаплотипа с *-DR*4 при ревматоидном артрите, особенно в сочетании с синдромом Фелти [17]. Выявлена ассоциация с *-DRB*1*0103 у пациентов распространенным или тяжелым течением БК. Взаимосвязь *-DRB*1*0103 и *-B**52 с язвенным колитом и БК в форме колита предполагает наличие по крайней мере одного общего фактора риска в системе генов *HLA*, который является потенциальной молекулярной основой воспаления толстой кишки. Наибольший интерес представляет *HLA-DRB*1*0401, который является аллелем предрасположенности при БК и протективным аллелем при язвенном колите. Таким образом, ген *HLA*, вероятно, будет наиболее полезным в прогнозировании течения заболевания у больных с установленным диагнозом БК или язвенный колит [18].

БК может проявляться в виде индифферентных форм, и гипотетически может являться не заболеванием, а синдромом, который имеет различные патогенетические механизмы, которые в свою очередь могут приводить к различным клиническим проявлениям и фенотипам. На течение заболевания могут влиять различные аллели *HLA*-системы: значимая ассоциация имеется между *HLA-DR*5 и терминальным илеитом при БК, а также *–Bw*51 и БК тонкой кишки [14].

Важно отметить изучение роли в развитии БК неклассических *HLA-E*, *-eF* и *-G*. Например, отсутствие *HLA-G* при БК может быть использовано в диагностических целях в случаях неопределенного колита. Делеционный полиморфизм 14*bp* в гене *HLA-G* присутствует у пациентов после илеоцекальной резекции (47 % против 27.3 % у пациентов, которым подобные вмешательства не выполнялись) [19].

Генетические полиморфизмы

Эпигенетические модификации, такие как метилирование ДНК, посттрансляционные модификации гистонов

и экспрессия некодирующих РНК, играют важную роль в патогенезе БК посредством влияния на дифференцировку клеток, транскрипцию генов и иммунологическую регуляцию.

Эпигенетические изменения в ДНК пациентов с БК могут дать важную информацию о том, как может развиваться заболевание в зависимости от взаимодействия генетических факторов и факторов окружающей среды, а также могут способствовать эффективному скринингу пациентов с БК и разработке новых методов лечения заболевания. Adams и соавт. Идентифицировали 65 отдельных локусов -*CpG*, когда цитозин (C) располагается рядом с гуанином (G) в последовательности с ДНК с измененным статусом метилирования, которые имели эпигеномное значение. Кроме того, ученые обнаружили 19 различно метилированных областей, демонстрирующих однонаправленное изменение метилирования, а также статистически значимые изменения метилирования генов *HLA*-системы и локуса *MIR*21 [20]. Существуют значительные различия в метилировании ДНК при БК, определяющие болезнь-ассоциированный эпигеном.

Одним из факторов риска развития ВЗК является наличие генетических изменений (в частности, однонуклеотидного полиморфизма (Single Nucleotide Polymorphism, SNP)) в генах, ассоциированных с БК и язвенным колитом. В связи с этим представляет интерес выяснение возможной роли однонуклеотидных полиморфизмов в патогенезе БК.

Мутации в *NOD*2 (*CARD*15) представляет особый интерес. Ген предрасположенности к БК (*NOD*2) был идентифицирован в 16-й хромосоме в 2001 году, а в последующем получил название — *CARD*15. Он кодирует внутриклеточный протеин в моноцитах, клетках Панета, макрофагах, эпителиальных клетках, характеризующийся выраженной способностью к связыванию бактериальных липополисахаридов доменом (*LRR*) [21].

Полиморфные варианты *NOD*2/*CARD*15 (NM_001370466.1) могут модифицировать структуру LRR домена или смежной области белка и вызывать измененный ответ на бактериальный агент. Выделяют три наиболее распространенные ассоциированные с болезнью Крона полиморфизмы в *NOD*2 *Arg*702*Trp* (*rs*2066844), *Gly*908*Arg* (*rs*2066845) и *Leu*1007*fsinsC* (*rs*22066847), которые играют ключевую роль в распознавании и восприятии микробиоты [22]. Проведенные исследования выявили различную степень влияния полиморфных вариантов гена *NOD*2/*CARD*15 на восприимчивость к БК у населения разных стран, а также были получены данные, что идентифицированные полиморфные варианты гена *NOD*2/*CARD*15 достоверно ассоциированы с определенными клиническими формами БК. *NOD*2 активирует ядерный фактор *NF-kB*, выполняющий роль внутриклеточного рецептора для компонентов микробных возбудителей. Мутации в гене *NOD*2 обуславливает повышенную восприимчивость к болезни Крона, сбалансированный уровень передачи сигналов *NOD* имеет решающее значение для поддержания иммунного гомеостаза. Поэтому изучая генные варианты *NOD*2/*CARD*15 можно прогнозировать ранее начало заболевания и необходимость предстоящего хирургического лечения [21, 23].

Также важную роль играют гены *ATG*16*L*1 и *IL*23-*R*. [18]. В исследованиях эпителиальных клеток человека Kuballa et al. Наблюдали, что *ATG*16*L*1 (*rs*2241880) имел заметно сниженную эффективность аутофагии Salmonella и предположили, что данный вариант связан повышенным риском БК. В метаанализе 24 исследований, включающих в общей сложности 13 022 случая БК и 17 532 контрольных, Zhang et al. Подтвердили связь *ATG*16*L*1 (*rs*2241880) с риском БК у представителей европеоидной расы [24, 30].

В исследовании GWAS был обнаружен функциональный вариант *Arg*381*Gln IL*23*R* на хромосоме 1p31, демонстрирующий пониженный риск развития БК [26]. Известно, что *IL*-23 действует вместе с другими цитокинами, в частности, с *IL*-12 и факторами транскрипции *STAT*3, *JAK*2, и участвует в формировании восприимчивости к БК. [27].

Проведение широкомасштабных исследований GWAS (англ. Genome-wide association studies, GWA study, GWAS) на больших выборках позволяют получать данные об обнаруженных локусах в различных этнических группах и в дальнейшем объединять идентифицированные локусы, характерные для общей популяции. Было проведено большое исследование GWAS, направленное на поиск и обнаружение локусов, связанных с ВЗК среди европейских и неевропейских групп. Анализ ассоциаций позволил выявить 38 локусов предрасположенности к ВЗК: 25 из 38 локусов ранее зарегистрированы для других заболеваний, в том числе аутоиммунных, 13 ранее не ассоциировались с каким-либо заболеванием или признаком, 27 из 38 локусов ассоциированы с болезнью Крона. У 11 локусов семь были классифицированы как специфичные для БК. [25, 31].

Другие результаты GWAS предоставили доказательства того, что варианты в *PRDM*1 и *NDP*52 определяют восприимчивость к БК. PRDM1 кодирует фактор транскрипции, экспрессируемый Т- и В-клетками. *NDP*52 представляет собой адапторный белок, который участвует в избирательной аутофагии внутриклеточных бактерий и сигнальных молекул, поддерживая роль аутофагии в патогенезе БК. [29].

Вариант гена *PTPN*22 *R*620*W* (*rs*2476601) является фактором риска для развития диабета 1 типа и ревматоидного артрита, но при этом защищает от БК [28].

Заключение.

БК связана с генотипами I и II класса *HLA*-системы. Предрасположенность к развитию заболевания может быть связана с определенными генетическими характеристиками главного комплекса гистосовместимости человека. Дальнейший анализ генетических особенностей этой системы будет способствовать пониманию патогенеза заболевания, разработке скрининговых программ и индивидуализации лечебной тактики. Современные исследования указывают на важные эпигенетические механизмы, которые участвуют в отдельных основных биологических процессах и, вероятно, играют значительную роль в патогенезе ВЗК, но в этой области необходимы дополнительные исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Song C., Yang J., Ye W. et al. Urban-rural environmental exposure during childhood and subsequent risk of inflammatory bowel disease: a meta-analysis // Expert Rev. Gastroenterol Hepatol. 2019. V. 13. P. 591–602
2. Piovani D., Danese S., Peyrin-Biroulet L. et al. Environmental risk factors for inflammatory bowel diseases: an umbrella review of meta-analyses // Gastroenterology. 2019. V. 157. P. 647–6593
3. Windsor J.W., Kaplan G.G. Evolving Epidemiology of IBD. Curr. Gastroenterol. Rep. 2019;21:40. doi: 10.1007/s11894-019-0705-6.
4. Mak W.Y., Zhao M., Ng S.C., Burisch J. The epidemiology of inflammatory bowel disease: East meets west. J. Gastroenterol. Hepatol. 2020;35:380–389. doi: 10.1111/jgh.14872
5. Gomollón F., Dignass A., Annese V., Tilg H., Van Assche G., Lindsay J.O., Peyrin-Biroulet L., Cullen G.J., Daperno M., Kucharzik T., et al. 3rd European Evidence-based Consensus on the Diagnosis and Management of Crohn's Disease 2016: Part 1: Diagnosis and Medical Management. J. Crohn's Colitis. 2017;11:3–25. doi: 10.1093/ecco-jcc/jjw168
6. Danilov M.A., Baychorov A.B. and Leontev A.V. «Laparoscopic Ileocecal Resection in Crohn's Disease: the Experience of One Institution.» J Surg 17 (2021): 008.
7. Petagna L, Antonelli A, Ganini C, Bellato V, Campanelli M, Divizia A, Efrati C, Franceschilli M, Guida AM, Ingallinella S, Montagnese F, Sensi B, Siragusa L, Sica GS. Pathophysiology of Crohn's disease inflammation and recurrence. Biol Direct. 2020 Nov 7;15(1):23. doi: 10.1186/s13062-020-00280-5.
8. Sokolova EI. Clinical Immunology. M.: Medicine, 1998; 45 p. Russian (Соколова Е.И. Клиническая иммунология. М.: Медицина, 2008; 45 с..
9. Haitov RM. Immunology. M.: GEOTAR-Med, 2009; 320 p. Russian (Хаитов Р.М., Иммунология: учебник. М.: ГЕОТАРМед, 2009; 320 с.
10. Jarmakiewicz-Czaja, S.; Zielińska, M.; Sokal, A.; Filip, R. Genetic and Epigenetic Etiology of Inflammatory Bowel Disease: An Update. Genes 2022, 13, 2388. https://doi.org/10.3390/genes13122388
11. Kawasaki A, Tsuchiya N, Hagiwara K, Takazoe M, Tokunaga K. Independent contribution of HLA-DRB1 and TNF alpha promoter polymorphisms to the susceptibility to Crohn's disease. Genes Immun. 2000 Aug;1(6):351-7. doi: 10.1038/sj.gene.6363689.
12. Rios Rodriguez V, Sonnenberg E, Proft F, Protopopov M, Schumann M, Kredel LI, Rademacher J, Torgutalp M, Haibel H, Verba M, Siegmund B, Poddubnyy D. Presence of spondyloarthritis associated to higher disease activity and HLA-B27 positivity in patients with early Crohn's disease: Clinical and MRI results from a prospective inception cohort. Joint Bone Spine. 2022 Oct;89(5):105367. doi: 10.1016/j.jbspin.2022.105367.
13. Matri S, Boubaker J, Hamzaoui S, Bardi R, Ayed K, Filali A. Place des genes du complexe d'histocompatibilite dans la pathogenie des maladies inflammatoires chroniques de l'intestin. Tunis Med. 2003 May;81(5):289-94. French.
14. Akolkar B., Akolkar Pradip N., Lin Xing-Yu, Heresbach Denis, Manji Ryhana, Katz Seymour, Yang Soo Young, Silver Jack. HLA class II alleles associated with susceptibility and resistance to Crohn's disease in the Jewish population. Inflamm. Bowel Dis. 2000;6:71–76.
15. Okada Y, Yamazaki K, Umeno J. et al. HLA-Cw*1202-B*5201-DRB1*1502 haplotype increases risk for ulcerative colitis but reduces risk for Crohn's disease. Gastroenterology. 2011 Sep;141(3):864-871.e1-5. doi: 10.1053/j.gastro.2011.05.048.
16. Adams AT, Kennedy NA, Hansen R. et al. Two-stage genome-wide methylation profiling in childhood-onset Crohn's Disease implicates epigenetic alterations at the VMP1/MIR21 and HLA loci. Inflamm Bowel Dis. 2014 Oct;20(10):1784-93. doi: 10.1097/MIB.0000000000000179.
17. Rashid T, Wilson C, Ebringer A. The link between ankylosing spondylitis, Crohn's disease, Klebsiella, and starch consumption. Clin Dev Immunol. 2013;2013:872632. doi: 10.1155/2013/872632.
18. Younis, Nour, Zareef, Rana, Mahfouz, Rami. 2020/04/01. Inflammatory bowel disease: between genetics and microbiota. Molecular Biology Reports. Doi: 10.1007/s11033-020-05318-5
19. Mahdi BM. Role of HLA typing on Crohn's disease pathogenesis. Ann Med Surg (Lond). 2015 Aug 4;4(3):248-53. doi: 10.1016/j.amsu.2015.07.020.
20. Ellinghaus D, Jostins L, Spain SL et al. Analysis of five chronic inflammatory diseases identifies 27 new associations and highlights disease-specific patterns at shared loci. Nat Genet. 2016 May;48(5):510-8. doi: 10.1038/ng.3528.
21. Strober W, Watanabe T. NOD2, an intracellular innate immune sensor involved in host defense and Crohn's disease. Mucosal Immunol. 2011 Sep;4(5):484–95. doi: 10.1038/mi.2011.29.
22. Huang H, Fang M, et al. Fine-mapping inflammatory bowel disease loci to single-variant resolution. Nature. 2017 Jul 13;547(7662):173-178. doi: 10.1038/nature22969.
23. Cleynen I, Boucher G, Jostins L, Schumm LP. et al. Inherited determinants of Crohn's disease and ulcerative colitis phenotypes: a genetic association study. Lancet. 2016 Jan 9;387(10014):156-67. doi: 10.1016/S0140-6736(15)00465-1.
24. Kuballa, P., Huett, A., Rioux, J.D., Daly, M.J., Xavier, R.J. Impaired autophagy of an intracellular pathogen induced by a Crohn's disease associated ATG16L1 variant. PLoS One 3: e3391, 2008.

25. Liu JZ, van Sommeren S, Huang H, et al. Association analyses identify 38 susceptibility loci for inflammatory bowel disease and highlight shared genetic risk across populations. Nat Genet. 2015 Sep;47(9):979-986. doi: 10.1038/ng.3359.
26. Okazaki T, Wang MH, et al. Contributions of IBD5, IL23R, ATG16L1, and NOD2 to Crohn's disease risk in a population-based case-control study: evidence of gene-gene interactions. Inflamm Bowel Dis. 2008 Nov;14(11):1528–41. doi: 10.1002/ibd.20512.
27. Pickert G, Neufert C, et al. STAT3 links IL-22 signaling in intestinal epithelial cells to mucosal wound healing. J Exp Med. 2009 Jul 6;206(7):1465-72. doi: 10.1084/jem.20082683.
28. Wang K, Baldassano R, et al. Comparative genetic analysis of inflammatory bowel disease and type 1 diabetes implicates multiple loci with opposite effects. Hum Mol Genet. 2010 May 15;19(10):2059–67. doi:10.1093/hmg/ddq078.
29. Ellinghaus D, Zhang H, et al. Association between variants of PRDM1 and NDP52 and Crohn's disease, based on exome sequencing and functional studies. Gastroenterology. 2013 Aug;145(2):339–47. doi: 10.1053/j.gastro.2013.04.040.
30. Gao P, Liu H, Huang H, Sun Y, Jia B, Hou B, Zhou X, Strober W, Zhang F. The Crohn Disease-associated ATG16L1T300A polymorphism regulates inflammatory responses by modulating TLR- and NLR-mediated signaling. Autophagy. 2022 Nov;18(11):2561–2575. doi: 10.1080/15548627.2022.2039991.
31. Sazonovs A, Stevens CR, Venkataraman GR, Yuan K. et al. Large-scale sequencing identifies multiple genes and rare variants associated with Crohn's disease susceptibility. Nat Genet. 2022 Sep;54(9):1275–1283. doi: 10.1038/s41588-022-01156-2.

© Данилов Михаил Александрович (m.danilov@mknc.ru); Чегодарь Анжелика Сергеевна (a.chegodar@mknc.ru);
Бодунова Наталья Александровна (n.bodunova@mknc.ru); Хатьков Игорь Евгеньевич (info@mknc.ru); Быкова Светлана Владимировна (s.bykova@mknc.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.13

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ЗВЕНЬЯХ ПАТОГЕНЕЗА КАРДИОМИОПАТИИ ТАКОЦУБО ИЛИ СИНДРОМА «РАЗБИТОГО СЕРДЦА»

MODERN CONCEPTS OF TAKOTSUBO CARDIOMYOPATHY OR BROKEN HEART SYNDROME

E. Dolya
I. Yatskov
R. Chotchaev
Yu. Avdeeva
M. Ignatieva
D. Malygina

Summary: Stress-induced cardiomyopathy, or Takotsubo cardiomyopathy, is an infrequent cardiac pathology manifested by transient dilatation and hypokinesis of the apical or middle segments of the myocardium, with normal contractility, or hyperkinesis of the basal regions. This syndrome is similar to acute myocardial infarction, but without coronary artery stenosis and without intracoronary thrombi. The main role in pathogenesis belongs to cateochalamins and their negative effects under stress. Due to the rare frequency of occurrence, this syndrome has a certain underestimation in clinical practice and often this syndrome is clinically interpreted as acute coronary.

Keywords: stress-induced cardiomyopathy, Takotsubo cardiomyopathy, broken heart syndrome, apical ballooning syndrome.

Доля Елена Михайловна
К.м.н., доцент, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского. (г. Симферополь)
Dolyaev@mail.ru
Яцков Игорь Анатольевич
К.м.н., ассистент, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского (г. Симферополь)
egermd@yandex.ru
Чотчаев Роберт Муратович
Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского. (г. Симферополь)
abdullakh.chotchaev@mail.ru
Авдеева Юлия Андреевна
Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского (г. Симферополь)
imavdeeva@mail.ru
Игнатьева Мария Алексеевна
Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского (г. Симферополь)
ignatevamaria1234@gmail.com
Малыгина Дарья Сергеевна
Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского (г. Симферополь)
malygina9901@gmail.com

Аннотация: стресс индуцированная кардиомиопатия, или кардиомиопатия Такоцубо, является нечастой кардиологической патологией, проявляющимся транзиторной дилатацией и гипокинезом верхушечных или средних сегментов миокарда, при нормальной сократимости, или гиперкинезе базальных отделов. Этот синдром подобен острому инфаркту миокарда, но без стеноза коронарных артерий и без интракоронарных тромбов. Основная роль в патогенезе принадлежит катеохаламинам и их негативному воздействию в условиях стресса. Из-за редкой частоты встречаемости, данный синдром имеет определенную недооценённость в клинической практике и часто данный синдром клинически интерпретируют как острый коронарный.

Ключевые слова: стресс-индуцированная кардиомиопатия, кардиомиопатия Такоцубо, синдром «разбитого сердца», синдром апикального баллонирования.

Введение

Транзиторный синдром баллонирования верхушки левого желудочка, также называемый кардиомиопатией Такоцубо, кардиомиопатией, вызванной стрессом (SICM), синдромом разбитого сердца. Впервые он был описан в японских статьях в 1990 году. Названия синдрома, в отличии от привычных нам наименований, никак не связано с человеком открывшим данную патологию. Название синдрома обозначает японский горшок — ловушку для ловли осьминогов, это керамический горшок, с расширенным основанием и узким горлышком [1].

Соответственно при эхокардиографии и вентрикулографии, в момент систолы, левый желудочек действительно приобретает конфигурацию, визуально схожую с японским горшком, базальные отделы сокращаются хорошо, а верхушка не сокращается [4,6].

Эпидемиология

Согласно мировой статистике, синдром Такоцубо (СТ) встречается в 1,5 % — 2,2 % всех случаев острого коронарного синдрома. В 90 % случаев, СТ страдают лица женского пола, преимущественно в период менопаузы, т. к. именно в этот период активность эстрогенов снижается и кардиомиоциты становятся более чувствительными к адреналину [2,11].

Этиопатогенез

Доказательства того, что начало заболевания обычно следует за тяжелыми эмоциональными и/или физическими стрессорами, согласуются с патогенной ролью внезапного повышения уровня катехоламинов, которые с помощью различных механизмов могут вызывать дисфункцию левого желудочка. Причины, по которым психологические или физические стрессоры вызывают СТ у одних людей, а у других нет, до сих пор остаются предметом спекуляций [5].

Хотя клинические исследования были в основном сосредоточены на механизмах, лежащих в основе активации симпатической нервной системы (СНС) и возникновения ишемии миокарда при СТ, в настоящее время существуют научные доказательства того, что дополнительные факторы могут играть патофизиологическую роль в возникновении данного состояния [3].

Анатомическими структурами, которые опосредуют стрессовую реакцию на эмоциональные или физические события, являются центральная нервная система и периферические органы. Острые эмоциональные стрессоры могут вызывать активацию мозга, повышая тем самым концентрацию кортизола, адреналина и норадреналина, за счет активации следующих систем: симпато-адреналовой, гипаталамо-гипофизарной. На стрессовую реакцию вовлекаются различные структуры головного мозга, включая ретикулярную формацию, кору больших полушарий, лимбическую систему, стволовую часть и спинной мозг [14].

В результате сложных неокортексных и лимбических интегративных процессов, которые интерпретируют стрессовый стимул как «угрожающий», запускается симпатическая нервная система (СНС). Данный процесс проходит по двум нейрогуморальным осям.

Первая — это симпатико-адреналово-мозговая ось, которая связана с высвобождением катехоламинов в мозговом веществе надпочечников и активируется после непосредственного стрессора.

Вторая — гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая ось, которая активируется хроническими стрессорами во время последовательного высвобождения кортизола из коры надпочечников [15].

В настоящее время достигнуто согласие, что супрафизиологический уровень катеохаламинов приводит к:

- прямой токсичности катеохаламинов;
- опосредованной адренорецепторами повреждению;
- эпикардиальной и микрососудистой вазоконстрикции;
- повышенная нагрузка на сердце.

Решающая роль миокардиальной ишемии в СТ стала очевидной благодаря доказательствам того, что большинство случаев СТ связаны со спазмом эпикардиальных и/или микрососудистых коронарных артерий. Преобладание этого состояния среди женщин в постменопаузе отражает гендерные различия в анатомии коронарных артерий и позволяет предположить, что депривация эстрогена может играть роль, способствующую возникновению ишемии миокарда, вероятно, опосредованной эндотелиальной дисфункцией. Действительно, помимо прочего, эндотелиальная дисфункция может быть предрасполагающим фактором, который способствует возникновению СТ при наличии провоцирующего фактора (т.е. эмоционального или физического стресса, за которым следует всплеск катехоламинов).
Наряду с исключительно высокой распространенностью СТ у женщин в постменопаузе было обнаружено, что эстрогены ослабляют симпатические реакции на психический стресс у женщин в перименопаузе. Кроме того, благодаря множеству механизмов эстрогены представляют собой ключевой регулятор эндотелиальной функции и вазомоторного тонуса. Эти механизмы включают ослабление катехоламин-опосредованной вазоконстрикции, поэтому сочетание исходного повышенного симпатического тонуса и нарушения вазомоторной функции может сделать женщин в постменопаузе восприимчивыми к СТ в периоды острого умственного или физического стресса. Это согласуется с данными о том, что около 90 % пациентов с СТ составляют женщины, средний возраст которых составляет 70 лет [7,8].

Таким образом, патофизиология СТС, по-видимому, характеризуется повышенной концентрацией катехоламинов, которая запускает острую фазу состояния, либо вызывая прямое повреждение миокарда, либо способствуя коронарной эпикардиальной и/или вазоконстрикции микрососудов. В целом, эти аномалии вызывают острую ситуацию «несоответствия спроса и предложения», за которой следует постишемическое оглушение [10].

С клинической точки зрения СТС характеризуется баллонированием ЛЖ, за которым обычно следует полное функциональное восстановление в большинстве

случаев, и только у меньшинства пациентов он может быть связан с неблагоприятным краткосрочным и долгосрочным исходом [9].

В момент воздействия стрессора, уровень повышаются в 2–3 раза [12]. Стрессовая кардиомиопатия является формой оглушения миокарда, но с другими клеточными механизмами, чем те, которые наблюдаются во время транзиторных эпизодов ишемии, вторичной по отношению к коронарным стенозам. При этом синдроме высокие уровни циркулирующего адреналина вызывают переключение внутриклеточной передачи сигналов в желудочковых кардиомиоцитах с G(s)-белка на G(i)-белок, передающий сигналы через бета(2)-адренорецептор. Хотя это переключение на передачу сигналов белка бета(2)-адренорецептор-G(i) защищает от проапоптотических эффектов интенсивной активации бета(1)-адренорецепторов, оно также является отрицательно инотропным [13]. Этот эффект наиболее выражен в апикальном миокарде, где плотность бета-адренорецепторов наибольшая, есть теория, что именно из-за меньшего количества бета-адренорецепторов базальная часть не изменяется. Данный патогенез был подтвержден при наблюдении пациентов с феохромоцитомой [19].

В результате катеохаламин индуцированного гиперкинеза базальных отделов левого желудочкам, происходит митральная регургитация, с повышением внутрижелудочкового давления, приводящее к баллонированию апикальной части желудочка [20].

На сегодняшний день новыми детерминантами патогенеза СТ являются воспаление, генетика и окислительный статус.

Что касается воспаления — были выявлены воспалительные инфильтраты миокарда из макрофагов и повышение системных провоспалительных цитокинов у больных с СТ. В частности, они показали, что СТ был связан с изменениями общего количества лейкоцитов и нейтрофилов, лигандов интерлейкина-6, интерлейкина-8 и хемокинов. Исследователи, однако, не смогли показать, было ли воспаление миокарда детерминантой или только сторонним наблюдателем состояния. Экспериментальная работа на моделях СТ на животных продемонстрировала возникновение региональной воспалительной реакции с повышенной концентрацией провоспалительных макрофагов и сниженной доступностью противовоспалительных макрофагов, что должно способствовать заживлению тканей. Это, по-видимому, указывает на то, что чрезмерная симпатическая реакция приводит к фокальному воспалению и внутримиокардиальному отеку, что следует интерпретировать как форму химического миокардита, вызванного катехоламинами. Независимо от факторов, которые могут вызвать воспаление, имеющиеся научные данные подтверждают связь между СТ и местными и системными воспалительными реакциями, предполагая, что модуляторы воспаления могут быть потенциальной терапевтической мишенью этого состояния. Тем не менее, необходимы дальнейшие исследования, чтобы лучше понять роль воспаления как патофизиологического фактора СТ, или как детерминанта клинической картины и исхода [16,17,18].

Генетическая предрасположенность недавно была предложена в качестве потенциальной детерминанты СТ, так как несколько исследователей описали семейные случаи СТ. Тем не менее, обширные генетические исследования отсутствуют, и несколько исследований, изучающих функциональные полиморфизмы в генах-кандидатах в СТ, сообщили о противоречивых результатах. Действительно, в некоторых исследованиях сообщалось об ассоциации между генетическими вариантами β1AR и β2AR и генами GRK5, но эти ассоциации не были обнаружены в других когортах пациентов с СТ. В экспериментальных исследованиях сообщалось о связанных с СТ изменениях в генах, связанных с гомеостазом кальция, воспалением. Интересно, что гены выживания клеток, которые, как сообщается, были изменены при ишемическом предварительном кондиционировании, также были обнаружены у пациентов с СТ [21,22,23].

Многочисленные доказательства подтверждают тот факт, что окислительный стресс (ОС) может быть обычным явлением в предострой фазе СТ. Источники ОС бывают экзогенными (факторы внешней среды, в том числе фармакологические и токсические воздействия) и эндогенными. Хотя в настоящее время ОС не следует считать основным предрасполагающим фактором заболевания, она связана с несколькими патологическими состояниями, которые также играют роль в развитии СТ, как триггеры острой фазы или как предрасполагающие сопутствующие заболевания, включая злокачественные новообразования, хроническую обструктивную легочную недостаточность. заболевание и хроническое заболевание почек. С одной стороны, психический стресс увеличивает концентрацию оксидантов в ЦНС и периферических органах, что приводит к дозозависимым изменениям в гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системе, СНС и иммунной системе. С другой стороны, внезапный всплеск катехоламинов вызывает активацию адренергических рецепторов, что, в свою очередь, может вызывать повышенную выработку активных форм кислорода (АФК). Высокий оксидативный статус, возникающий в острой фазе СТ, может привести к дальнейшему повреждению клеток миокарда и дисфункции эндотелия, что влияет на выработку вазоактивных веществ, тем самым ухудшая тканевую перфузию на микроциркуляторном уровне. Эти наблюдения показывают, что системный статус оксидативного стресса может играть ранее непризнанную решающую роль в возникновении

и степени острой дисфункции ЛЖ, которая является механическим признаком СТ. По этим причинам необходимы дальнейшие исследования окислительного статуса, чтобы улучшить наше понимание состояния и предоставить пациентам персонализированную терапевтическую стратегию [24].

Клиника

Клиническая картина синдрома Такоцубо такая же, как у больного с острым инфарктом миокарда или острым коронарным синдромом. Боль в груди и одышка являются общими симптомами, но другие могут также проявляться тошнотой, учащенным сердцебиением, обмороками и рвотой. Во многих случаях пациент может описать физическое или эмоциональное стрессовое событие до появления симптомов. В отличие от острого коронарного синдрома, который проявляется в ранние утренние часы, синдром Такоцубо имеет тенденцию проявляться в середине дня [25].

Диагностика

Данный синдром протекает с клиникой коронарного, при электрокардиографии может быть подъем сегмента ST в отведениях V4-V6 (в отличии от V1-V3) которые более чувствительны к СТ, но чаще всего с отсутствием патологического зубца Q.

В анализе сыворотки крови будет значительно повышен натрийуретрический пептид, который считается более информативным для данного синдрома. Уровень тропонинов и креатинкиназы может быть повышен незначительно.

При инструментальной визуализации сердца, будет баллонообразное расширение верхушки левого желудочка при сохранной сократимости или гиперкинезе базального сегмента, данный признак является самым характерным диагностическим критерием СТ.

При коронарографическом исследовании не будет выявлен обструктивный процесс [26].

Лечение

Несмотря на яркую клиническую картину, синдром Такоцубо является транзиторным состоянием и разрешается без инвазивных вмешательств. В лечении очень важно выявить стрессор и минимизировать его воздействие. Что касается медикаментозной терапии, то она в основном стандартная как при систолической сердечной недостаточности и включает в себя: ингибиторы АПФ, бета-блокаторы, диуретики. Четких рекомендаций по длительности медикаментозной терапии нет, но учитывая транзиторный характер СТ, терапия назначается коротким курсом, в среднем 1–4 недели, если нет другой сопутствующей патологии со стороны сердечно-сосудистой системы. Так же показана консультация психиатра и назначение антидепрессантов, для снижения воздействия провоцирующих стрессовых факторов [27].

Заключение

Несмотря на то, что синдром Такоцубо является редкой патологией, с каждым годом частота её встречаемости возрастает. Так как данный синдром имеет транзиторный характер, то в большинстве случаев он остается не диагностированным.

Понимание причин и механизмов СТ все еще находится в зачаточном состоянии. Клинические исследования были сосредоточены в основном на механизмах, лежащих в основе активации СНС и возникновения ишемии миокарда при СТ. Однако в последние годы стало очевидным, что СТ включает в себя патогенетически гетерогенные популяции пациентов и что предрасполагающие факторы, будь то генетические или иные, могут определять индивидуальную предрасположенность к развитию этого состояния. Хотя результаты, полученные до сих пор, не сравнивались с другими патологическими состояниями, такими как острый миокардит и инфаркт миокарда, предварительные данные метаболомики ясно показывают, что взаимодействие воспаления и окислительного статуса в сочетании с генетикой может объяснить восприимчивость к состоянию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pelliccia, F.; Sinagra, G.; Elliott, P.; Parodi, G.; Basso, C.; Camici, P.G. Takotsubo is not a cardiomyopathy. Int. J. Cardiol. 2018, 254, 250–253. [Google Scholar] [CrossRef]
2. Ghadri, J.-R.; Wittstein, I.S.; Prasad, A.; Sharkey, S.; Dote, K.; Akashi, Y.J.; Cammann, V.L.; Crea, F.; Galiuto, L.; Desmet, W.; et al. International Expert Consensus Document on Takotsubo Syndrome (Part I): Clinical Characteristics, Diagnostic Criteria, and Pathophysiology. Eur. Heart J. 2018, 39, 2032–2046. [Google Scholar] [CrossRef][Green Version]
3. Aimo, A.; Pelliccia, F.; Panichella, G.; Vergaro, G.; Barison, A.; Passino, C.; Emdin, M.; Camici, P.G. Indications of beta-adrenoceptor blockers in Takotsubo syndrome and theoretical reasons to prefer agents with vasodilating activity. Int. J. Cardiol. 2021, 333, 45–50. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
4. Pelliccia, F.; Trani, C.; Biondi-Zoccai, G.G.; Nazzaro, M.; Berni, A.; Patti, G.; Patrizi, R.; Pironi, B.; Mazzarotto, P.; Gioffrè, G.; et al. Comparison of the Feasibility and Effectiveness of Transradial Coronary Angiography Via Right Versus Left Radial Artery Approaches (from the PREVAIL Study). Am. J. Cardiol. 2012, 110, 771–775. [Google Scholar] [CrossRef]
5. Dias, A.; Gil, I.J.N.; Santoro, F.; Madias, J.E.; Pelliccia, F.; Brunetti, N.D.; Salmoirago-Blotcher, E.; Sharkey, S.W.; Eitel, I.; Akashi, Y.J.; et al. Takotsubo syndrome: State-of-the-art review by an expert panel—Part 1. Cardiovasc. Revascularization Med. 2018, 20, 70–79. [Google Scholar] [CrossRef]
6. Angelini, P.; Uribe, C.; Tobis, J.M. Pathophysiology of Takotsubo Cardiomyopathy: Reopened Debate. Tex. Heart Inst. J. 2021, 48, e207490. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
7. Pelliccia, F.; Kaski, J.C.; Camici, P.G. Takotsubo syndrome's pathophysiology: Still a mystery? Eur. Heart J. 2019, 40, 1989. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
8. Scally, C.; Abbas, H.; Ahearn, T.; Srinivasan, J.; Mezincescu, A.; Rudd, A.; Spath, N.; Yucel-Finn, A.; Yuecel, R.; Oldroyd, K.; et al. Myocardial and Systemic Inflammation in Acute Stress-Induced (Takotsubo) Cardiomyopathy. Circulation 2019, 139, 1581–1592. [Google Scholar] [CrossRef]
9. Pelliccia, F.; Morgantini, A.; Rosati, R. Takotsubo Syndrome: From Bench to Bedside and Bedside to Bench. J. Clin. Med. 2022, 11, 4704. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
10. Limongelli, G.; Adorisio, R.; Baggio, C.; Bauce, B.; Biagini, E.; Castelletti, S.; Favilli, S.; Imazio, M.; Lioncino, M.; Merlo, M.; et al. Diagnosis and Management of Rare Cardiomyopathies in Adult and Paediatric Patients. A Position Paper of the Italian Society of Cardiology (SIC) and Italian Society of Paediatric Cardiology (SICP). Int. J. Cardiol. 2022, 357, 55–71. [Google Scholar] [CrossRef]
11. Wishart, D.S.; Guo, A.; Oler, E.; Wang, F.; Anjum, A.; Peters, H.; Dizon, R.; Sayeeda, Z.; Tian, S.; Lee, B.L.; et al. HMDB 5.0: The Human Metabolome Database for 2022. Nucleic Acids Res. 2022, 50, D622–D631. [Google Scholar] [CrossRef]
12. Godsman, N.; Kohlhaas, M.; Nickel, A.; Cheyne, L.; Mingarelli, M.; Schweiger, L.; Hepburn, C.; Munts, C.; Welch, A.; Delibegovic, M.; et al. Metabolic alterations in a rat model of takotsubo syndrome. Cardiovasc. Res. 2021, 118, 1932–1946. [Google Scholar] [CrossRef]
13. Nuñez-Gil, I.; Andrés, M.; Benito, B.; Bernardo, E.; Vedia, O.; Ferreira-Gonzalez, I.; Barba, I. Serum Metabolomic Analysis Suggests Impairment of Myocardial Energy Production in Takotsubo Syndrome. Metabolites 2021, 11, 439. [Google Scholar] [CrossRef]
14. Crossman, A.R.; Neary, D. Neuroanatomy, 2nd ed.; Churchill Livingston: London, UK, 2000. [Google Scholar
15. Janig, W. The Integrative Action of the Autonomic Nervous System; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2006. [Google Scholar]
16. Di Marino, S.; Viceconte, G.N.; Lembo, A.; Summa, V.; Tanzilli, G.; Raparelli, V.; Truscelli, G.; Mangieri, E.; Gaudio, C.; Cicero, D.O. Early metabolic response to acute myocardial ischaemia in patients undergoing elective coronary angioplasty. Open Heart 2018, 5, e000709. [Google Scholar] [CrossRef][Green Version]
17. Wilson, H.M.; Cheyne, L.; Brown, P.A.; Kerr, K.; Hannah, A.; Srinivasan, J.; Duniak, N.; Horgan, G.; Dawson, D.K. Characterization of the Myocardial Inflammatory Response in Acute Stress-Induced (Takotsubo) Cardiomyopathy. JACC Basic Transl. Sci. 2018, 3, 766–778. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
18. Y-Hassan, S. Myocarditis and takotsubo syndrome: Are they mutually exclusive? Int. J. Cardiol. 2014, 177, 149–151. [Google Scholar] [CrossRef]
19. Vanni, D.; Viceconte, N.; Petrella, G.; Biccirè, F.G.; Pelliccia, F.; Tanzilli, G.; Cicero, D.O. A Pilot Study on the 1H-NMR Serum Metabolic Profile of Takotsubo Patients Reveals Systemic Response to Oxidative Stress. Antioxidants 2021, 10, 1982. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
20. Redfors, B.; Shao, Y.; Ali, A.; Omerovic, E. Are ischemic stunning, conditioning, and 'takotsubo' different sides to the same coin? Int J. Cardiol. 2014, 172, 490–491. [Google Scholar] [CrossRef
21. Kołodzińska, A.; Czarzasta, K.; Szczepankiewicz, B.; Główczyńska, R.; Fojt, A.; Ilczuk, T.; Budnik, M.; Krasuski, K.; Folta, M.; Cudnoch-Jędrzejewska, A.; et al. Toll-like receptor expression and apoptosis morphological patterns in female rat hearts with takotsubo syndrome induced by isoprenaline. Life Sci. 2018, 199, 112–121. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
22. Pelliccia, F.; Pasceri, V.; Niccoli, G.; Tanzilli, G.; Speciale, G.; Gaudio, C.; Crea, F.; Camici, P.G. Predictors of Mortality in Myocardial Infarction and Nonobstructed Coronary Arteries: A Systematic Review and Meta-Regression. Am. J. Med. 2020, 133, 73–83.e4. [Google Scholar] [CrossRef][Green Version]
23. Golbidi, S.; Li, H.; Laher, I. Oxidative Stress: A Unifying Mechanism for Cell Damage Induced by Noise, (Water-Pipe) Smoking, and Emotional Stress—Therapeutic Strategies Targeting Redox Imbalance. Antioxid. Redox Signal. 2018, 28, 741–759. [Google Scholar] [CrossRef]
24. Tanzilli, G.; Truscelli, G.; Arrivi, A.; Carnevale, R.; Placanica, A.; Viceconte, N.; Raparelli, V.; Mele, R.; Cammisotto, V.; Nocella, C.; et al. Glutathione infusion before primary percutaneous coronary intervention: A randomised controlled pilot study. BMJ Open 2019, 9, e025884. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed][Green Version]
25. Ong, G.J.; Nguyen, T.H.; Kucia, A.; Liu, S.-F.; Surikow, S.Y.; Girolamo, O.; Chong, C.-R.; Chirkov, Y.Y.; Schenck-Gustafsson, K.; Frenneaux, M.P.; et al. Takotsubo Syndrome: Finally Emerging From the Shadows? Heart Lung Circ. 2020, 30, 36–44. [Google Scholar] [CrossRef]
26. Y-Hassan, S. Myocarditis is an essential feature rather than an exclusion criterion for takotsubo syndrome: Case report. Int. J. Cardiol. 2015, 187, 304–306. [Google Scholar] [CrossRef]
27. Ghadri, J.-R.; Wittstein, I.S.; Prasad, A.; Sharkey, S.; Dote, K.; Akashi, Y.J.; Cammann, V.L.; Crea, F.; Galiuto, L.; Desmet, W.; et al. International Expert Consensus Document on Takotsubo Syndrome (Part II): Diagnostic Workup, Outcome, and Management. Eur. Heart J. 2018, 39, 2047–2062. [Google Scholar] [CrossRef]

© Доля Елена Михайловна (Dolyaev@mail.ru); Яцков Игорь Анатольевич (egermd@yandex.ru); Чотчаев Роберт Муратович (abdullakh.chotchaev@mail.ru)'
Авдеева Юлия Андреевна (imavdeeva@mail.ru); Игнатьева Мария Алексеевна (ignatevamaria1234@gmail.com);
Малыгина Дарья Сергеевна (malygina9901@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.16

ПЕРВИЧНЫЙ АМЕБНЫЙ МЕНИНГОЭНЦЕФАЛИТ (НЕГЛЕРИЯ ФОУЛЕРА): ПАТОГЕНЕЗ, ДИАГНОСТИКА И ВАРИАНТЫ ЛЕЧЕНИЯ

PRIMARY AMOEBIC MENINGOENCEPHALITIS (NEGLERIA FOWLER): PATHOGENESIS, DIAGNOSIS AND TREATMENT OPTIONS

I. Karimov
E. Lyakhova
R. Chotchaev
D. Malygina
M. Ignatieva
A. Borisenko

Summary: Primary amoebic meningoencephalitis (PAM) is a very rare disease with high mortality. PAM is caused by Naegleria fowleri, an amoeba that lives in freshwater lakes and ponds and is able to survive in insufficiently chlorinated pools. Over the past 50 years, more than 130 cases of negleria have been reported in the United States, with only three known survivors being promptly diagnosed and treated at Arkansas Children's Hospital (USA). On the territory of the Russian Federation, no cases of infection were recorded. On the territory of the Russian Federation, no cases of infection were recorded. Successful treatment of SAM is associated with the possibility of accurate diagnosis, the use of modern antimicrobial therapy, including the experimental drug miltefosine, intraventricular shunting, and hypothermia.

Keywords: primary amoebic meningoencephalitis, negleria fowler, diagnosis, treatment.

Каримов Искандер Загитович
Д.м.н., профессор, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского. (г. Симферополь)
karimoviz@cfuv.ru
Ляхова Екатерина Александровна
Ассистент, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского. (г. Симферополь)
lyahova.inf@mail.ru
Чотчаев Роберт Муратович
Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского.
abdullakh.chotchaev@mail.ru
Малыгина Дарья Сергеевна
Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
malygina9901@gmail.com
Игнатьева Мария Алексеевна
Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
ignatevamaria1234@gmail.com
Борисенко Александр Евгеньевич
Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
borisenko_1998_alex@mail.ru

Аннотация. Первичный амебный менингоэнцефалит (ПАМ) — очень редкое заболевание с высокой летальностью. ПАМ вызывает Naegleria fowleri, амеба, обитающая в пресноводных озерах и прудах, способная выживать в недостаточно хлорированных бассейнах. За последние 50 лет было зарегистрировано более 130 случаев заражения неглерией в Соединенных Штатах, при этом только у трех известных выживших, больных был своевременно выставлен диагноз и лечили в детской больнице Арканзаса (США). На территории Российской Федерации, случаев заражения не регистрировалось. Успешное лечение ПАМ связано с возможностью точной диагностики, применением современной антимикробной терапии, включая экспериментальный препарат милтефозин, внутрижелудочковым шунтированием и гипотермию.

Ключевые слова: первичный амебный менингоэнцефалит, неглерия Фоулера, диагностика, лечение.

Введение

Данная амеба была описана в 1960 году Малькольмом Фоулерым, в честь кого и получила свое название. Naegleria fowleri также известна как амеба, «поедающая» мозг. Naegleria fowleri свободноживущий одноклеточный организм, вызывающий первичный амебный менингоэнцефалит (ПАМ). Род Naegleria включает более 30 видов, из которых только Naegleria fowleri является патогенной для человека. Naegleria обычно обитает и встречается в теплых пресных водах, например, в озерах, горячих источниках, реках и т.д. Этот паразит является теплолюбивым организмом и оптимальная температура для его роста составляет от 25° C до 46 ° C (115 ° F), так же они способны выживать в течение короткого периода времени (5–6 минут), при более высокой температуре [1,2].

Эпидемиология

До настоящего времени, на территории Российской Федерации, ещё не было зарегистрировано случаев заражения этим паразитом. Большинство случаев ПАМ зарегистрировано в США. В то же время, количество регистрированных, криптогенных абсцессов в РФ колеблется от 40 % до 50 %, есть высокая вероятность того, что причиной может быть Naegleria fowleri. Данной амебой человек заражается контактируя с водой в пресноводных реках, озерах, горячих источниках. Известно, что амеба проникает в организм человека через носовую полость, т. е. при заглатывании воды — заражения не происходит. Максимальное количество случаев заражения было в США в 2004 году, после купания людей в водоемах [22, 23].

В жизненном цикле амебы (Naegleria fowleri) описывается 3 стадии: киста, трофозоит и жгутик. Наиболее заразной стадией является трофозоит.

Стадия кисты: кисты имеют сферическую форму, диаметром около 7–15 мкм. По морфологическим признакам киста гладкая, состоит из одного ядра, с однослойной стенкой. Киста является наиболее резистентной стадией и формируется при неблагоприятных условиях внешней среды.

Стадия трофозоита: состоит из одного ядра, его диаметр составляет 10–35 мкм. с зернистым видом. У трофозоитов бинарное деление является способом репликации. Именно эта стадия обнаруживается в ликворе пациента.

Жгутиковая стадия: диаметр состовляет 10–16 мкм, грушевидной формы. В данную стадию паразит переходит вследствии неблагоприятных условий внешней среды.

Патогенез

N. Fowleri является амфизарной амебой, поскольку она может выживать в свободном состоянии в воде, почве или в организме хозяина, которым может являться центральная нервная система (ЦНС) человека. Первоначально инфицирование происходит через прикрепление к слизистой оболочке носа, затем амеба передвигается по обонятельному нерву и через решетчатую пластинку (более пористую у детей и молодых людей) достигает обонятельных луковиц в ЦНС. Достигнув обонятельных луковиц, N. Fowleri вызывает значительный иммунный ответ за счет активации врожденной иммунной системы, включая макрофаги и нейтрофилы. Попадая в организм человека в форме трофозоитов, на поверхности которых имеются структуры, известные как пищевые чашки они позволяют микроорганизму поглощать бактерии, грибы и ткани человека. В дополнение к разрушению тканей пищевой чашкой, патогенность N. Fowleri зависит от высвобождения цитолитических молекул, к которым относятся кислые гидролазы, фосфолипазы, нейраминидазы и фосфолиполитические ферменты, играющие важную роль в разрушении клеток нервной системы хозяина. Сочетание патогенности N. Fowleri и интенсивного иммунного ответа, возникающего в результате его присутствия, приводит к значительному повреждению нервов и последующему повреждению тканей ЦНС, что часто приводит к летальному исходу [3,4].

Клиническая картина

Клинические симптомы и признаки инфекции N. Fowleri обычно проявляются в течение 2–8 дней после заражения, хотя некоторые случаи были зарегистрированы в течение 24 часов. Несмотря на отсутствие специфических признаков и симптомов, указывающих на инфекцию N. Fowleri, наиболее распространенными симптомами являются сильная головная боль, лихорадка, озноб, положительные менингиальные симптомы (Брудзинского, Кернига), светобоязнь, спутанность сознания, судороги и возможно — кома. Кроме того, в некоторых случаях наблюдались нарушения сердечного ритма и некроз миокарда. Резкое угнетение сознания, возникает на фоне повышения внутричерепного давления и отека головного мозга, что в свою очередь приводит к летальному исходу. В описанных клинических случаях, давление спинно-мозговой жидкости (СМЖ) достигала 600 мм. водного столба. В анализе спинномозговой жидкости отмечались различные отклонения в цвете: от серого (на ранних стадиях инфекции) до красного (на поздних стадиях заболевания) из-за значительного увеличения количества эритроцитов. Дополнительно обнаруживалась большая концентрация полиморфноядерных клеток (до 26 000 клеток в 1 мкл). Следует отметить, что при окрашивании СМЖ трихромом или Гимза обнаруживались трофозоиты [5, 6, 7, 8, 9].

Лечение

По причине редкости данной инфекции, вызванной N. fowleri, на сегодняшний день отсутствуют клинические испытания, в которых оценивалась бы эффективность определенной схемы лечения. Большой объем информации об эффективности лекарственных средств основана либо на отчетах о случаях заболевания, либо на исследованиях in vitro. Возможно, наиболее согласованным и эффективным препаратом для лечения инфекции вызванной N. Fowleri, является амфотерицин B, который применяли in vitro и также использовали в нескольких клинических случаях. Другие антимикробные средства, об использовании которых сообщалось в случае заболевания, включают: флуконазол, миконазол, милтефозин, азитромицин и рифампицин. Различные другие агенты были изучены так же in vitro и/или in vivo.,

включая гигромицин, рокитамицин, кларитромицин, эритромицин, рокситромицин и зеоцин, которые показали свою эффективность. [10,11,12,13,15,15,16,17].

На сегодняшний день во всем мире было зарегистрировано только семь выживших больных, из которых четверо в Северной Америке (3 в США и 1 в Мексике). Первый случай выздоровления произошел в США в 1978 г. (опубликовано в 1982 г.), когда 9-летняя девочка заразилась плавая в горячих источниках Дип-Крик (Национальный лес Сан-Бернардино). Для лечения ей применяли внутривенно и интратекально амфотерицин В в сочетании с миконазолом и рифампицином (перорально), а также использовали внутривенному дексаметазон (внутривенно) и фенитоин (перорально). В 2004 году в Мексике был зарегистрирован один выживший, 10-летний ребенок мужского пола, у которого развилось заболевание через 1 неделю после купания в ирригационном канале. Больному успешно проведено лечение внутривенным введением амфотерицина В в течение 14 дней в сочетании с рифампицином и флуконазолом курсом до 1-го месяца. Пациент был выписан из стационара на 23-й день терапии, когда компьютерная томография головного мозга не выявила признаков инфекции. Два последних случая произошли в США в 2013 году. Первый случай был связан с 12-летней девочкой, у которой была диагностирована N. Fowleri через 7 дней после посещения аквапарка недалеко от Литл-Рока, штат Арканзас (США), клиническая картина заболевания появилась через 2 дня. Пациентке была начата терапия в тот же день, когда она госпитализировалась в отделение неотложной помощи, так же с использованием амфотерицина В (внутривенно и интратекально), милтефозина, флуконазола, рифампина, дексаметазона и азитромицина. Кроме того, ее лечение включало индуцированную гипотермию, для уменьшения признаков отека мозга. Пациент полностью выздоровел после лечения. Второй случай (США, 2013 г.) касался 8-летнего мальчика, которого аналогично лечили интратекальным и внутривенным амфотерицином В, рифампином, флуконазолом, дексаметазоном, азитромицином и милтефозином. Пациент пережил инфекцию [18,19,20,21].

Заключение

Naegleria fowleri является смертельным паразитом, вызывающим ПАМ (первичный амебный менингоэнцефалит), со смертельным исходом около 95%. Она широко распространена в странах, где летние месяцы очень жаркие, а паразит инфицирует человека при контакте с зараженной водой. Входными воротами для данной паразитарной инфекции является носовая полость, оттуда возбудитель через обонятельный нерв проникает в ЦНС, вызывая воспаление оболочек и тканей мозга. Несмотря на то, что амеба, «поедающая» мозг, является редкой смертельной болезнью, до сих пор отсутствует общепринятое лечение данной инфекции, а также затруднено его диагностика.

Таким образом клиницистам общего, неврологического, инфекционного профиля необходимо проявлять настороженность в отношении данного заболевания при поражении ЦНС неизвестной этиологии, особенно в регионах с жарким климатом. А также расширять диагностические возможности по выявлению Naegleria fowleri в регионах Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. De Jonckheere JF. 2011. Origin and evolution of the worldwide distributed pathogenic amoeboflagellate Naegleria fowleri. Infect Genet Evol 11:1520–1528. doi: 10.1016/j.meegid.2011.07.23. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
2. Jarolim KL, McCosh JK, Howard MJ, John DT. 2000. A light microscopy study of the migration of Naegleria fowleri from the nasal submucosa to the central nervous system during the early stage of primary amebic meningoencephalitis in mice. J Parasitol 86:50–55. [PubMed] [Google Scholar]
3. Marciano-Cabral F, Cabral GA. 2007. The immune response to Naegleria fowleri amebae and pathogenesis of infection. FEMS Immunol Med Microbiol 51:243–259. doi: 10.1111/j.1574-695X.2007.00332.x. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
4. John DT, Cole TB Jr, Bruner RA. 1985. Amebostomes of Naegleria fowleri. J Protozool 32:12–19. doi: 10.1111/j.1550-7408.1985.tb03006.x. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
5. Visvesvara GS, Moura H, Schuster FL. 2007. Pathogenic and opportunistic free-living amoebae: Acanthamoeba spp., Balamuthia mandrillaris, Naegleria fowleri, and Sappinia diploidea. FEMS Immunol Med Microbiol 50:1–26. doi: 10.1111/j.1574-695X.2007.00232.x. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
6. Craun GF. 1972. Microbiology—waterborne outbreaks. J Water Pollut Control Fed 44:1175–1182. [PubMed] [Google Scholar]
7. Martínez AJ. 1985. Free-living amebas: natural history, prevention, diagnosis, pathology, and treatment of disease. CRC Press, Boca Raton, FL. [Google Scholar]
8. Centers for Disease Control and Prevention. 28 May 2008. Primary amebic meningoencephalitis—Arizona, Florida, and Texas 2007. Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA. [Google Scholar]
9. Hebbar S, Bairy I, Bhaskaranand N, Upadhyaya S, Sarma MS, Shetty AK. 2005. Fatal case of Naegleria fowleri meningo-encephalitis in an infant: case report. Ann Trop Paediatr 25:223–226. doi: 10.1179/146532805X58166. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
10. Kim JH, Lee YJ, Sohn HJ, Song KJ, Kwon D, Kwon MH, Im KI, Shin HJ. 2008. Therapeutic effect of rokitamycin in vitro and on experimental meningoencephalitis due to Naegleria fowleri. Int J Antimicrob Agents 32:411–417. doi: 10.1016/j.ijantimicag.2008.05.018. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
11. Goswick SM, Brenner GM. 2003. Activities of azithromycin and amphotericin B against Naegleria fowleri in vitro and in a mouse model of primary amebic meningoencephalitis. Antimicrob Agents Chemother 47:524–528. doi: 10.1128/AAC.47.2.524-528.2003. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

12. Kim JH, Jung SY, Lee YJ, Song KJ, Kwon D, Kim K, Park S, Im KI, Shin HJ. 2008. Effect of therapeutic chemical agents in vitro and on experimental meningoencephalitis due to Naegleria fowleri. Antimicrob Agents Chemother 52:4010–4016. doi: 10.1128/AAC.00197-08. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
13. Centers for Disease Control and Prevention. 28 May 2014. N. fowleri treatment. Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA. [Google Scholar]
14. Barnett ND, Kaplan AM, Hopkin RJ, Saubolle MA, Rudinsky MF. 1996. Primary amoebic meningoencephalitis with Naegleria fowleri: clinical review. Pediatr Neurol 15:230–234. doi: 10.1016/S0887-8994(96)00173-7. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
15. Hannisch W, Hallagan LF. 1997. Primary amebic meningoencephalitis: a review of the clinical literature. Wilderness Environ Med 8:211–213. [PubMed] [Google Scholar]
16. Ferrante A. 1982. Comparative sensitivity of Naegleria fowleri to amphotericin B and amphotericin B methyl ester. Trans R Soc Trop Med Hyg 76:476–478. doi: 10.1016/0035-9203(82)90141-9. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
17. Stevens AR, Shulman ST, Lansen TA, Cichon MJ, Willaert E. 1981. Primary amoebic meningoencephalitis: a report of two cases and antibiotic and immunologic studies. J Infect Dis 143:193–199. doi: 10.1093/infdis/143.2.193. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
18. Capewell LG, Harris AM, Yoder JS, Cope JR, Eddy BA, Roy SL, Visvesvara GS, Fox LM, Beach MJ. 2014. Diagnosis, clinical course, and treatment of primary amoebic meningoencephalitis in the United States, 1937–2013. J Pediatr Infect Dis doi: 10.1093/jpids/piu103. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
19. Vargas-Zepeda J, Gomez-Alcala AV, Vasquez-Morales JA, Licea-Amaya L, De Jonckheere JF, Lares-Villa F. 2005. Successful treatment of Naegleria fowleri meningoencephalitis by using intravenous amphotericin B, fluconazole and rifampicin. Arch Med Res 36:83–86. doi: 10.1016/j.arcmed.2004.11.003. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
20. Seidel JS, Harmatz P, Visvesvara GS, Cohen A, Edwards J, Turner J. 1982. Successful treatment of primary amebic meningoencephalitis. N Engl J Med 306:346–348. doi: 10.1056/NEJM198202113060607. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
21. Linam WM, Ahmed M, Cope JR, Chu C, Visvesvara GS, da Silva AJ, Qvarnstrom Y, Green J. 2015. Successful treatment of an adolescent with Naegleria fowleri primary amebic meningoencephalitis. Pediatrics 135:e744–e748. doi: 10.1542/peds.2014-2292. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
22. Миразизов К.Д. Совершенствование методов диагностики отогенных и риносинусогенных абсцессов головного мозга / К.Д. Миразизов, Л.Г. Бруссель, К.А. Ходжаева // Вестн. оториноларингологии. — 1988. — № 3. — С. 27–32.
23. De Jonckheere JF. 2011. Origin and evolution of the worldwide distributed pathogenic amoeboflagellate Naegleria fowleri. Infect Genet Evol 11:1520–1528.

© Каримов Искандер Загитович (karimoviz@cfuv.ru); Ляхова Екатерина Александровна (lyahova.inf@mail.ru);
Чотчаев Роберт Муратович (abdullakh.chotchaev@mail.ru); Малыгина Дарья Сергеевна (malygina9901@gmail.com);
Игнатьева Мария Алексеевна (ignatevamaria1234@gmail.com); Борисенко Александр Евгеньевич (borisenko_1998_alex@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.18

ОСОБЕННОСТИ ЛЕЧЕНИЯ ПЛОСКОКЛЕТОЧНОГО РАКА КОЖИ (КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ)

FEATURES OF THE TREATMENT OF SQUAMOUS CELL SKIN CANCER (CLINICAL CASE)

I. Kovalev
A. Zavialov
M. Sukhova
D. Bobrov

Summary: Squamous cell skin cancer (SCCC) is one of the most common malignant neoplasms in humans, second only to breast cancer in women and lung and prostate cancer in men. A high probability of metastasis, a high recurrence rate, as well as the predominant location of the tumor in such areas of the skin as the face, head and neck, necessitate the timely diagnosis of the disease in the initial stages, the choice of the most appropriate method of treatment, which will differ not only in maximum efficiency, but also the most acceptable cosmetic result. The review presents a description of a clinical case.

The experience of effective use of external beam radiation therapy (EBRT) for squamous cell skin cancer of the left cheek after a forced break in treatment due to severe radiation reactions is briefly analyzed.

Using the example of the presented clinical case, it is shown that even with a forced break in treatment, it is possible to achieve complete remission of the tumor process.

Keywords: skin cancer, radiation therapy, radiation reactions, treatment interruption.

Ковалев Иван Владимирович
Врач-радиотерапевт, Государственный научный Центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна
venom-1612@yandex.ru
Завьялов Александр Александрович
Д.м.н., профессор, Государственный научный Центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна
Azav06@mail.ru
Сухова Марина Юрьевна
Заведующий отделением радиотерапии, Государственный научный Центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна
sukhova08@yandex.ru
Бобров Дмитрий Юрьевич
Медицинский физик, Государственный научный Центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна
bobrovdy@mail.ru

Аннотация. Плоскоклеточный рак кожи (ПКРК) является одним из наиболее частых злокачественных новообразований у человека, уступая лишь раку молочной железы у женщин и раку легкого и предстательной железы у мужчин. Высокая вероятность метастазирования, высокая частота рецидивов, а также преимущественное расположение опухоли на таких участках кожи, как лицо, голова и шея, обусловливают необходимость своевременной диагностики заболевания на начальных стадиях, выбора наиболее подходящего метода лечения, который будет отличаться не только максимальной эффективностью, но и наиболее приемлемым косметическим результатом. В обзоре представлено описание клинического случая.

Проанализирован опыт эффективного применения дистанционной лучевой терапии (ДЛТ) при плоскоклеточном раке кожи левой щеки после вынужденного перерыва в лечении в связи с тяжелыми лучевыми реакциями.

На примере представленного клинического случая показано, что даже при вынужденном перерыве в лечении удается добиться полной ремиссии опухолевого процесса.

Ключевые слова: рак кожи, лучевая терапия, лучевые реакции, перерыв в лечении.

Введение

Плоскоклеточный рак кожи (ПКРК) (син.: спиноцеллюлярная карцинома, плоскоклеточная карцинома, плоскоклеточная эпителиома, эпидермоидный рак, спиналиома) — наиболее злокачественная эпителиальная опухоль кожи и слизистых оболочек с плоскоклеточной дифференцировкой, развивающаяся из кератиноцитов.

ПКРК входит в группу немеланомных злокачественных новообразований кожи (НЗНК) и характеризуется агрессивным течением и высокой вероятностью прогрессирования [1]. Плоскоклеточный рак кожи обладает агрессивным ростом с постепенным неуклонным прогрессированием: инфильтрацией подлежащих тканей, метастазированием в регионарные и отдаленные лимфатические узлы (ЛУ) (в 85 % случаев), гематогенным распространением метастазов во внутренние органы (в 15 %), на пример в легкие и кости [1,2].

Во всем мире наблюдается неуклонный рост числа впервые выявленных случаев (НЗНК), в связи с чем в настоящее время специалисты оценивают рак кожи как «тихую эпидемию» [3].

При анализе статистических данных по Российской Федерации за последние 7 лет отмечается тенденция к росту заболеваемости новообразованиями кожи. Опухоли эпителиального происхождения занимают первое место в структуре заболеваемости всех злокачественных новообразований кожи, на ПКРК приходится около 20 % [4,5]. Наибольшая заболеваемость в России наблюдается в Краснодарском и Ставропольском краях, в Астраханской и Ростовской областей, что отражает важную роль интенсивного воздействия ультрафиолетовых (УФ) лучей в этиологии заболевания. Пациенты с диагнозом ПКРК имеют повышенный риск развития рака вне кожной локализации и других НЗНК. За последние десятилетия рост заболеваемости ПКР сопровождается снижением смертности на 20 %, что связано с улучшением качества диагностики заболевания на ранних стадиях и активным лечением [4]. Предполагается, что в результате истончения озонового слоя и, соответственно, увеличения интенсивности УФ-излучения заболеваемость раком кожи будет увеличиваться до тех пор, пока не изменятся поведенческие привычки человека с целью снижения его воздействия солнечное излучение [6].

Лучевая терапия может применяться для лечения рака кожи как самостоятельный метод. Плоскоклеточный рак кожи следует классифицировать как опухоль с относительно высокой чувствительностью к лучевой терапии. После радикального лучевого лечения рака кожи на стадии Т 1—Т 2 пятилетняя выживаемость может достигать 97 %. Лучевая терапия в самостоятельном варианте применяется на стадиях Т 1—Т 2 заболевания (70 % случаев). Лучевая терапия на стадиях Т 3 и Т 4 чаще применяется в качестве пред- и послеоперационного лечения (20,3 % случаев). Однако в дальнейшем, в течение первых 12 месяцев, у 21,4 % больных независимо от гистологической структуры опухоли возникали рецидивы рака. Следует подчеркнуть, что рецидивы были устойчивы к повторным курсам лучевой терапии. [7]. Недостатками метода являются большая (более 1 мес.) продолжительность лечения, а также возможное лучевое поражение здоровых тканей (перихондрит, лучевые язвы), что негативно сказывается на физическом и психологическом состоянии пациентов взрослого и детского возраста [8].

Лучевая терапия убедительно доказывает свою целесообразность. Основной целью лечения больных раком кожи является полное выздоровление с хорошим косметическим эффектом и высоким качеством жизни [9].

Материал и методы

В данном сообщении мы представляем клинический случай эффективного применения лучевой терапии, после вынужденного перерыва в лечении, в связи с тяжелыми лучевыми реакциями.

Больной Р., 84 года. Из анамнеза известно, что новообразование возникло в феврале 2020 г. на месте ранее существовавшего пигментированного образования на коже левой щеки. Занималась самолечением, пыталась избавиться от этого образования самостоятельно, без положительного эффекта. Опухоль постепенно увеличивалась в размерах. Январь 2021 года обратилась к онкологу по месту жительства. 17.02.2021 — проведено цитологическое исследование №85354: верифицирован плоскоклеточный инфильтративный рак.

По результатам обследования больной был выставлен диагноз: Плоскоклеточный рак кожи левой щеки T3N0M0, стадия III.

Пациентка консультирована хирургом 20.03.22: учитывая размеры опухоли (4.03см х 1.73см) и инфиль-

Внешний вид больной

трацию тканей целесообразно проведение комбинированного лечения — ЛТ на 1 этапе с последующим хирургическим лечением. Консультирована радиотерапевтом 23.03.22: с учетом локализации, размеров образования (4.03см х 1.73см)-, морфогенеза показано проведение курса ДЛТ.

Описание КТ лицевой части скелета от 1.04.22— В покровных тканях щечной области слева определяется мягкотканной плотности (40HU) образование размером 1.73х4.03х37мм. Верхний край образования достигает нижнего века. К поверхности образования прилежит передняя стенка гайморовой пазухи, подглазничный край орбиты — деструктивных изменений здесь не отмечается. Увеличенных лимфатических узлов в челюстно-лицевой области не определяется (рис. 1.)

Согласно решению онкоконсилиума от 01.04.22 № 543, в условиях комбинированного лечения, на первом этапе лечения больному показан предоперационный курс лучевой терапии на область опухоли левой щеки.

В рамках предлучевой топометрической подготовки выполнялась разметка на спиральном компьютерном томографе Aquilion One Toshiba с использованием термопластической маски для фиксации. Положение туловища горизонтальное, лежа на спине, руки вдоль туловища. Границами области КТ служили: голова.

Для достижения необходимого градиента дозы и высокого соответствия охвата запланированного целевого объема PTV (Planning Tumor Volume) при создании дозиметрического плана была использована методика IMRT (Intensity Modulated Radiation Therapy) (рис. 2).

Весь объем опухоли, определенный по данным КТ, входил в таргетный GTV (Gross Tumor Volume-видимый объем опухоли), + 0,5 см CTV (Clinical Tumor Volume — клинический объем опухоли) + до 1,0 см PTV отступ.

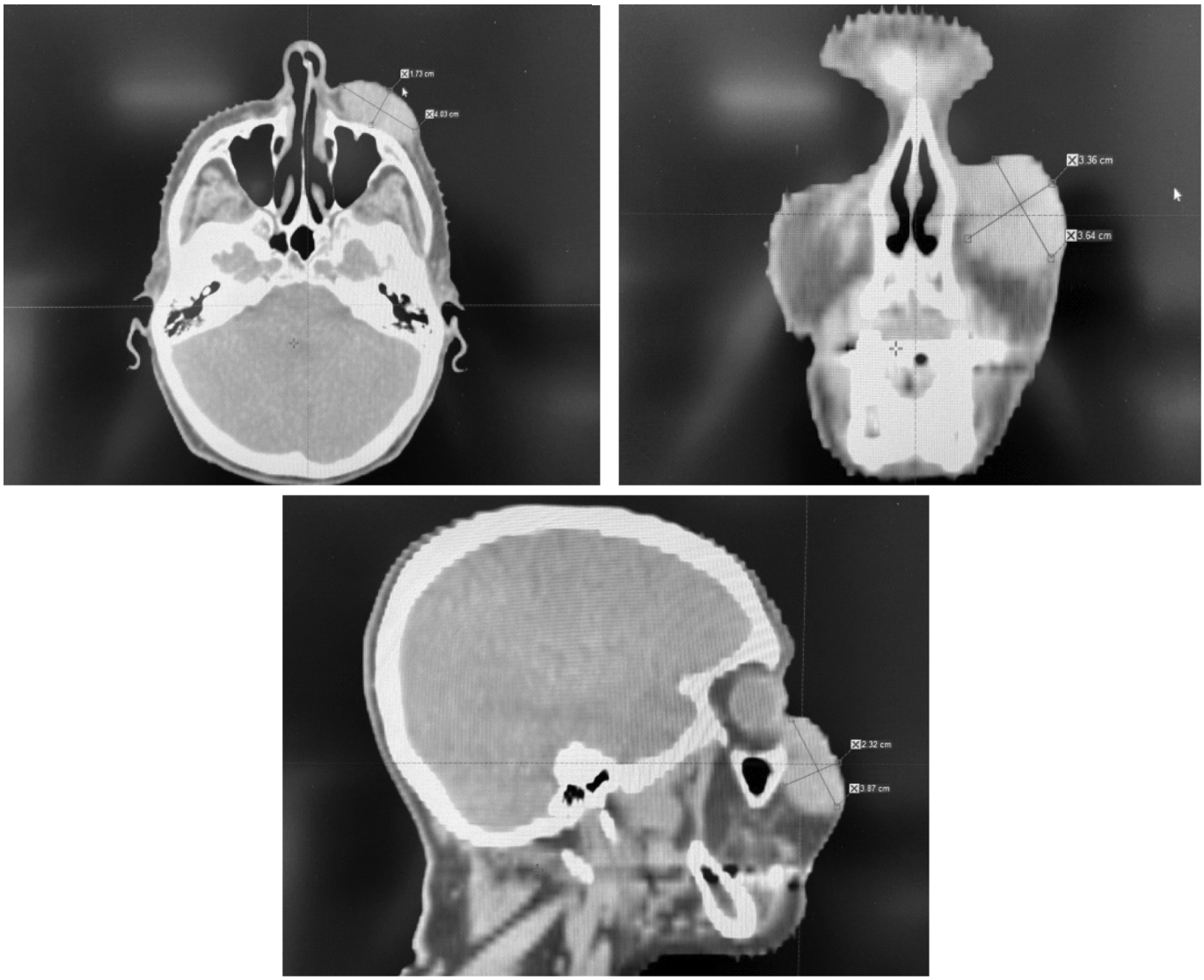


Рис. 1. КТ лицевого отдела скелета с указанием размеров и локализации опухоли

Плановая РОД (разовая очаговая доза) — 2,0 Гр, СОД (суммарно-очаговая доза) — 50,0 Гр. Облучение выполнялось в режиме стандартного фракционирования дозы,5 раз в неделю. Лечение переносилось удовлетворительно, без осложнений.

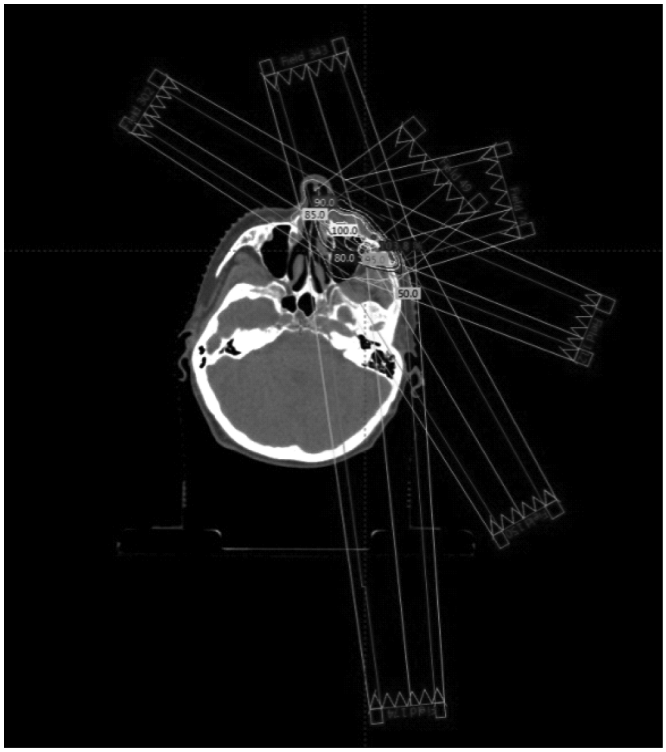


Рис. 2. Дозное распределение

На дозе в 30.0 Гр на коже у пациентки появились выраженные лучевые реакции в виде лучевой эритемы и болевого синдрома (рис. 3). С учетом III степени выраженности лучевых реакции было решено продолжать лечение. Однако больная настояла на перерыве в лечении.

Пациентка была выписана на вынужденный перерыв до стихания лучевых реакций и последующим продолжением лечения. Рекомендовано прием антигистаминных препаратов. Компрессы из отвара ромашки + мазевая обработка кожи в зоне облучения до 5-ти раз в день.

После 3х недельного перерыва, пациентке была выполнена повторная КТ (Рис. 4). Описание: в покровных тканях щечной области слева определяется мягкотканной плотности(40HU) образование, в сравнение с предыдущим КТ отмечается положительная динамика со стороны опухоли, в виде ее значительного уменьшения опухоли (2.5см х1.73см). Увеличенных лимфатических узлов в челюстно-лицевой области не определяется.

Учитывая выраженный эффект лучевой терапии, решено проведение лечения до радикальных доз (рис. 5) Стояла задача не допустить появления снова ранних лучевых реакций на коже в зоне облучения у пациентки. Для этого нужно было сократить общее время лечения с учетом количества пропущенных дней и количества оставшихся дней лечения, путем увеличения разовой дозы и количества сеансов лечения в неделю.

Для компенсации перерыва и сокращения общего времени лечения план был модифицирован — разовая доза 3 Гр, 12 фракций с облучением 6 раз в неделю [10]. При создании дозиметрического плана использовалась техника IMRT (рис. 6).

За полный курс лучевой терапии была подведена доза -72 Гр по изоэффекту. После завершения лечения пациентка выписана под наблюдение онколога по месту жительства. Рекомендации по уходу были прежние.

Как и предполагалось, лучевые реакции появились после окончания лечения и были приемлемы — II степени выраженности.

Осуществлялось динамическое наблюдение по месту жительства. Через 3 месяца после ЛТ. (рис. 7) Через 6 месяцев после ЛТ (Рис. 8)

Рис. 3. Лучевые реакции по достижению СОД-30Гр

Рис. 4. КТ лицевого отдела скелета
после 3-недельного перерыва

Рис. 5. Отсутствие выраженных лучевых реакций. Значительное уменьшение опухоли

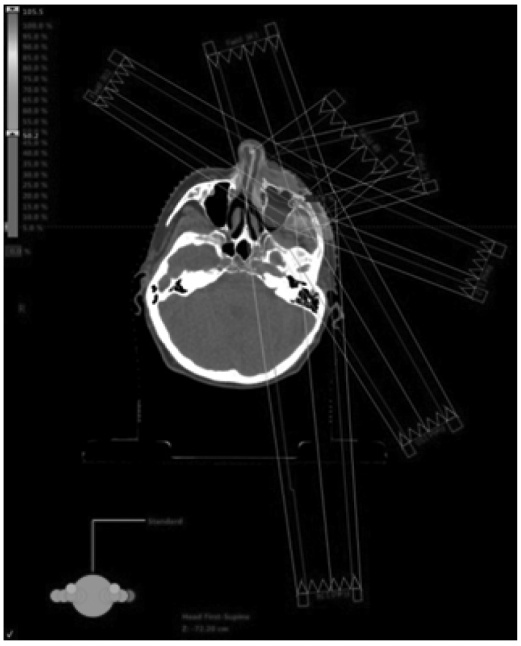


Рис. 6. Дозное распределение
с учетом уменьшения размеров опухоли

Рис. 7. Эффект после проведения лучевой терапии спустя 3 месяца

Рис. 8. Спустя 6 месяцев

Через год после проведения лучевой терапии по месту жительства была констатирована полная ремиссия (рис. 9).

Рис. 9. Эффект после проведения лучевой терапии через 1 год

Результат и обсуждение

В практике лучевой терапии часто сталкиваются с проблемой поправок, учитывающих незапланированные перерывы в режиме облучения. Обычно эти перерывы связаны с состоянием самого больного (острое заболевание, осложнение реакции на облучение) или с логистическими факторами (праздничные дни, профилактика облучателя, транспортные проблемы).

На основе клинических данных о негативном влиянии перерывов на эффективность терапии рекомендуется избегать перерыва или активно корректировать режим лечения, если он все-таки произошел. Особенно эти данные касаются плоскоклеточного рак кожи. Поэтому рекомендуется изменить оставшуюся часть программы лечения таким образом, чтобы скомпенсировать влияние перерыва.

Режим облучения, нарушенный в результате перерыва, можно скорректировать за счет интенсификации процедуры. Этого можно достигнуть путем облучения более чем 5-ю фракциями в неделю и так же можно рассмотреть возможность доставки оставшейся дозы облучения в режиме гипофракционирования.

Решалась задача — компенсировать перерыв и доставить необходимую дозу, существенно не удлиняя общее время терапии, при этом не превысив толерантность нормальных тканей, и завершить курс лечения до появления острых лучевых реакций. Для выполнения поставленной задачи было принято решение использовать режим гипофракционирования с доставкой дозы 6 раз в неделю.

Заключение

Интерес к данному клиническому случаю обусловлен следующими причинами: тип и размер опухоли, вынужденный перерыв в лечении, сложность расчета оставшейся дозы облучения для компенсации перерыва и сокращения общего времени лечения до начала появления острых лучевых реакций.

Наш положительный опыт свидетельствует о том, что необходимо компенсировать перерывы в лечении плоскоклеточного рака кожи, используя наиболее актуальную для конкретного клинического случая модель расчета доз и адаптировать ее для достижения эффекта в лечении.

В представленном клиническом примере, было достигнуто полное излечение подтвержденное морфологическим исследованием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Европейское руководство по лечению дерматологических болезней / под ред. А.Д. Кацамбаса, Т.М. Лотти; пер. с англ. — 3 е изд. — М.: МЕДпресс информ, 2014. — 736 с
2. Анищенко И.С., Важенин А.В. Плоскоклеточный рак кожи: клиника, диагностика, лечение. Челябинск, 2000. — 144 с.
3. Ганцев Ш.Х., Юсупов А.С. Плоскоклеточный рак кожи. Практическая онкология. 2012; 13:2: 80-91.
4. Андреев Д.А., Завьялов А.А. Особенности проведения контроля качества и безопасности медицинской деятельности в онкологии (обзор литературы). Здравоохранение Российской Федерации. 2021. Т. 65. № 5. С. 492–497.
5. Дзыбова Э.М., Варданян К.Л., Василевская Е.А. Плоскоклеточный рак кожи: клиника, диагностика, методы лечения и профилактики. /Клиническая дерматология и венерология. 2015; 14 (4): 4–14.
6. Schart FM, Gabbe C. Исчезновение озонового слоя и рак: попытка оценки риска. Hautarzt. 1993;44:2:63-68.
7. Стандарты лучевой терапии / под ред. А.Д. Каприна, А.А. Костина, Е.В. Хмелевского. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020. — 384 с.
8. Грибкова И.В., Степанова В.Н., Завьялов А.А. Психологическая реабилитация в детской онкологии. / Вопросы гематологии/онкологии и иммунопатологии в педиатрии. 2020. Т. 19. № 3. С. 151–157.
9. Холовня-Волоскова М.Э., Завьялов А.А., Лучинин Е.А., Толкушин А.Г., Корнилова Е.Б., Андреев Д.А. Клинические исследования в онкологии с оценкой качества жизни анкетой (опросником) eq-5d-5l./Проблемы стандартизации в здравоохранении. 2022. № 3–4. С. 75–84.
10. Основы клинической радиобиологии / М.С. Джойнер, О. Дж. ван дер Когель; пер. с англ. — М.: БИНОМ. Лабораториязнаний, 2014. — 600 с.

© Ковалев Иван Владимирович (venom-1612@yandex.ru); Завьялов Александр Александрович (Azav06@mail.ru);
Сухова Марина Юрьевна (sukhova08@yandex.ru); Бобров Дмитрий Юрьевич (bobrovdy@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.27

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЖИЗНИ ПАЦИЕНТОК ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ЧРЕСКОЖНЫХ ДОСТУПОВ В САНАЦИИ ВНУТРИТАЗОВЫХ ЭКССУДАТИВНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ПОСЛЕ ГИНЕКОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF LIFE OF PATIENTS USING ALTERNATIVE PERCUTANEOUS APPROACHES IN THE REHABILITATION OF INTRAPELVIC EXUDATIVE FORMATIONS AFTER GYNECOLOGICAL OPERATIONS

N. Okhotnikova

Summary: Considering the polypotency of the transperineal and transyagodic access during minimally invasive rehabilitation of intrapelvic exudative formations, we assessed the quality of life in patients drained by these alternative accesses. According to the mental health, the differences in the studied groups are not reliable. However, the quality of life indicators for the physical health in patients subjected to transperineal drainage are significantly higher ($p<0.05$) than in transyagodic drained patients.

Keywords: quality of life, intrapelvic exudation, X-ray surgical rehabilitation.

Охотникова Наталия Олеговна
Ассистент,
Курский государственный медицинский университет
Nathunter@mail.ru

Аннотация. Учитывая полипотентность трасперинеального и трансягодичного доступа при миниинвазивной санации внутритазовых экссудативных образований, мы оценили качество жизни у пациенток, дренированнных этими альтернативными доступами. По психологическому компоненту различия в исследуемых группах не достоверны. Однако, показатели качества жизни по физическому компоненту у пациенток, подвергнутых трансперинеальному дренированию, достоверно выше ($p<0,05$), чем у дренированных трансягодично.

Ключевые слова: качество жизни, внутритазовая экссудация, рентгенохирургическая санация.

Введение

Приоритетное использование миниинвазивных лапароскопических технологий в хирургическом лечении гинекологических больных, закономерно снизив травматичность оперативного вмешательства, тем не менее, не избавила пациенток от развития послеоперационных осложнений, частота которых достигает 1,15–3,54 % [1,2].

При том, что интервенционная радиология в последнее десятилетие превратилась в критически значимую технологию как морфологической диагностики, так и лечения локализованных экссудативных поражений органов и внеорганных локализаций [3,4], но применительно к послеоперационным экссудативным поражениям малого таза, осложняющим гинекологические вмешательства, этого в должной мере не произошло, в том числе потому, что использование традиционного трансабдоминального ультразвукового доступа при внутритазовом расположении послеоперационной экссудации затруднено. Это обстоятельство заставляет использовать альтернативные доступы к патологическому очагу в полости малого таза, через мягкие ткани промежности и ягодичной области [5]. При этом, необходима многогранная оценка эффективности использования таких доступов, включающая в себя не только собственно клиническую эффективность и безопасность, но и субъективную оценку своего состояния больными с использованием формализованных шкал, позволяющих сформировать интегральное представление о процессе лечения с позиции субъекта на основе оценки качества жизни. Оценка качества жизни — это перспективное направление клинической медицины, предоставляющее возможность уточнить состояние здоровья пациента, выбрать более рациональный подход к лечению и, что самое главное, составить представление о его эффективности по параметрам, которые находятся на стыке профессионального подхода врачей и субъективной точки зрения пациента [6].

Целью настоящего исследования явилась оценка качества жизни пациенток при использовании альтернативных чрескожных промежностных и трансягодичных доступов при рентгенохирургической санации внутритазовых послеоперационных экссудативных образований.

Материалы и методы

Оценка качества жизни с использованием опросника SF-36 [7] была проведена 51 пациентке с послеоперационными экссудативными внутритазовыми осложнениями в миниинвазивной рентгенохирургической санации которых использовались альтернативные доступы (трансперинеальный n=29, трансягодичный n=22). Пациентки анкетировались в течение 30 суток с момента удаления дренажа, в том числе, если дренаж удаляли амбулаторно.

При малокалиберном дренировании зон внутритазовой экссудации альтернативным доступом применялись одноразовые двухшаговые дренажные наборы фирм Rusch, Cook 8-12 Fr, предполагавшие использовать методику Сельдингера при установке дренажа.

Перкутанный доступ в зону интереса при трансягодичном доступе реализовывался под УЗ-контролем через подгрушевидное отверстие максимально близко к краю крестца на уровне крестцово-остистой связки, что предотвращало повреждение проходящих через подгрушевидное отверстие сосудисто-нервных образований.

Трансперинеальный доступ также выполняли под УЗ-контролем, ориентируясь на минимальное расстояние между кожей и полостью экссудации по результатам сагиттального и фронтального трансперинеального сканирования. Доступ формировался преимущественно параректально, через медиальные отделы мышцы, поднимающей задний проход, кзади от поперечной мышцы промежности и кпереди от края большой ягодичной мышцы для предотвращения повреждения стволов нижних срамных сосудов и полового нерва.

Структура видов послеоперационного экссудативного поражения малого таза, подвергнутых трансягодичному и трансперинеальному дренированию (серома, гематома, абсцесс) была сходна в обеих группах дренирования, сроки стационарного лечения достоверно не отличались (8.2±0.8 суток для трансперинеального доступа и 9.5±0.7 для трансягодичного при $t_{расчетное}=1.2<t_{критическое}=2.01$), 30-суточные рецидивы экссудации в этих подгруппах были сопоставимы — 6 на 29 трансперинеальных дренирований и 4 на 22 трансягодичных.

Оценка достоверности различий показателей качества жизни проводилась по непараметрическому U-критерию Манна-Уитни. Для количественных признаков после оценки нормальности распределения признака по критерию Колмогорова-Смирнова использовались методики параметрической статистики с вычислением средних величин, оценки достоверности различий с использованием критерия Стьюдента.

Результаты

Учитывая полипотентность трасперинеального и трансягодичного доступов при дренированиии внутритазовых экксудативных образований мы оценили качество жизни у пациенток основной группы, дренированнных альтернативными доступами, используя показатель качества жизни как многофакторный интегративный критерий эффективности лечения (Табл. 1).

Таблица 1.

Оценка качества жизни пациенток с альтернативными дренажными доступами

Шкалы опросника SF-36		Трансягодичное дренирование (n_1=22)		Трансперинеальное дренирование n_2=29)		U-критерий Манна-Уитни	Уровень достоверности
PH	PF	64.4±4.8	60.8±3.1	68.3±4.2	69.8±3.1	376.2	p>0.05
	RP	62.1±4.3		76.4±4.3		364.8	p>0.05
	BR	45.2±3.6		59.3±5.2		202.8	p≤0.05
	GH	59.8±2.9		72.1±2.2		214.9	p≤0.05
MH	VT	52.3±4.2	58.7±3.8	56.5±6.6	65.8±4.5	346.5	p>0.05
	SF	66.2±4.2		70.3±4.5		354.4	p>0.05
	RE	58.3±2.4		60.4±5.4		344.8	p>0.05
	MH	64.6±4.3		78.4±4.4		216.6	p≤0.05

Примечания: при размере сравниваемых выборок n_1=22, n_2=29 табличное (критериальное) значение U-критерия — 232 при p≤0,05;

PH — Physicalhealth — Физический компонент здоровья, PF — PhysicalFunctioning — Физическое функционирование, RP — Role-PhysicalFunctioning — Ролевое функционирование, обусловленное физическим состоянием, BP — Bodilypain — Интенсивность боли, GH — GeneralHealth — Общее состояние здоровья, MH — MentalHealth — Психологический компонент здоровья, VT — Vitality — Жизненная активность, SF — SocialFunctioning — Социальное функционирование, RE — Role-Emotional — Ролевое функционирование, обусловленное эмоциональным состоянием, MH — MentalHealth — Психическое здоровье.

При сравнительной оценке пациенток с трансягодичным и трансперинеальным дренированием по критерию физическое функционирование, отражающее степень, в которой физическое состояние ограничивает выполнение физических нагрузок (PF) и ролевое функционирование, обусловленное физическим состоянием (RP) — достоверных различий не выявлено. В обеих группах этот показатель выше среднего, что свидетельствует о том, что физическая активность пациенток существенно не ограничена состоянием его здоровья.

При оценке критериев интенсивность боли (BR), общее состояние здоровья (GH) — эти показатели у пациенток с трансперинеальным дренированием достоверно лучше — 45.2±3.6 против 59.3±5.2.

Среднее значение физического здоровья у пациенток с трансягодичным и трансперинеальным дренированием составило 60.8±3.1 и 69.8±3.1 баллов соответственно. Достоверность различий при оценке среднего значения физического здоровья у пациенток с вариантами альтернативного дренирования было оценено по t – критерию Стьюдента. Для $f=(4n_1+4n_2)-2=278$ — степеней свободы табличный t-критерий равен 1.97, расчетный — 2.05. Таким образом, в целом, показатель физического компонента здоровья (PH) у пациенток, дренированных трансперинеально, достоверно выше, чем у пациенток с трансягодичным дренированием ($p\leq0.05$).

При оценке психологического здоровья критерии его определяющие достоверно не отличаются в обеих исследуемых группах с альтернативными доступами для дренирования внутритазовых экссудативных осложнений, за исключением показателя психического здоровья (MH) — этот показатель характеризует настроение, наличие депрессии, тревоги, который несколько неожиданно оказался выше (лучше) у пациенток с трансперинеальным дренированием. Но этот показатель в обеих группах выше среднего.

Среднее значение психологического здоровья в группах пациенток с трансягодичным и трансперинеальным дренированием составило 58.7±3.8 и 65.8±4.5 баллов соответственно. Для $f=(4n_1+4n_2)-2=278$ — степеней свободы табличный t-критерий равен 1.97, расчетный — 1.21. Таким образом, в целом, показатель психологического компонента здоровья (PH) у пациенток обеих групп с альтернативным доступом достоверно не отличается ($p>0.05$).

Результаты оценки качества жизни у пациенток с альтернативными дренажными доступами представлены на Рисунке 1.

Таким образом, показатели качества жизни, определенные по результатам анкетирования с использованием опросника SF 36, по физическому компоненту (PH) у пациенток, подвергнутых трансперинеальному дренированию, достоверно выше, чем у подвергнутых трансягодичному дренированию. По психологическому компоненту (MH) различия в исследуемых группах с альтернативным дренажным доступом не достоверны.

Обсуждение

Внедрение в клиническую практику современных высокотехнологичных миниинвазивных вмешательств (эндоскопическая хирургия, внутрипросветная хирур-

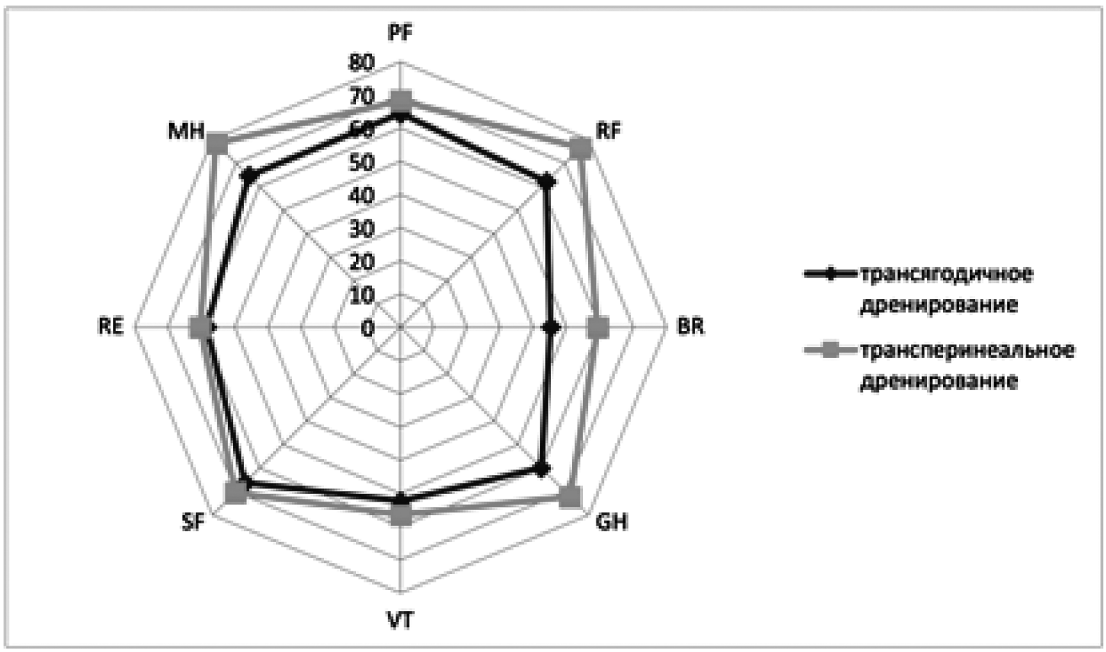


Рис. 1. Результаты оценки качества жизни у пациенток с альтернативными дренажными доступами

гия) не гарантирует пациента от послеоперационных осложнений. Современные методы лучевой диагностики позволяют своевременно выявлять такие осложнения, а также выступают в качестве средства контроля за пункционно-дренажными вмешательствами. Инвазивные лучевые вмешательства (пункция, дренирование) являются основой динамично развивающегося направления — интервенционной радиологии — рентгенохирургии.

Важным критерием эффективности лечения в отсутствии значимых осложнений и летальности представляются результаты оценки качества жизни в процессе лечения с использованием альтернативных чрескожных доступов.

При этом нами установлено, что показатели качества жизни, по физическому компоненту (PH) у пациенток, подвергнутых трансперинеальному дренированию, достоверно выше, чем у подвергнутых трансягодичному дренированию, за счет достоверно лучших показателей интенсивности боли (BR) и общего состояния здоровья (GH). По психологическому компоненту (MH) различия в исследуемых группах с альтернативным дренажным доступом не достоверны. Возможным объяснением полученным результатам может быть различная приверженность обсуждаемых доступов к потенциальному формированию парадренажных инфильтратов, обусловленных разной позиционной подвижностью трансягодичных и трансперинеальных дренажей.

Причиной достоверной доступозависимости показателей качества жизни при трансягодичном дренировании в отличие от трансперинеального может быть присасывающее действие мышц ягодичной области при движениях пациентки (ходьба, приседания и т.д.). Промежностный дренажный канал при таких движениях, очевидно, испытывает меньшие циклические нагрузки.

Заключение

По результатам анализа эффективности использования различных рентгенохирургических методик санации у пациенток с послеоперационными клинически значимыми экссудативными образованиями малого таза следует помнить о возможности использовать альтернативные доступы к жидкостным образованиям малого таза — трансягодичный и трансперинеальный. В арсенале интервенционного радиолога должны быть все эти доступы, и его задача в рамках персонифицированной медицины в каждом конкретном случае выбрать оптимальный.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриева Э.Ю. К вопросу о внутрибрюшных осложнениях после гинекологических вмешательств // Российский вестник акушера-гинеколога. — 2015. — №. 1. — С. 52–55. DOI: 10.17116/rosakush201515152-55.
2. Щукина Н.А., Буянова С.Н. Гнойно-септические осложнения после гинекологических операций // Медицинский алфавит. — 2017. — Т. 1. — № 3. — С. 20–25.
3. Lorenz J. et al. ACR appropriateness criteria radiologic management of infected fluid collections // J Am Coll Radiol. — 2015. — № 12. — P. 791–799. doi: 10.1016/j.jacr.2015.04.025.
4. Hynes D et al. Role of Interventional Radiology in the Management of Infection. Semin Ultrasound // CT MR. — 2020. — V. 41. — № 1. — P. 20-32. doi: 10.1053/j.sult.2019.10.006.
5. Охотников О.И. и др. Миниинвазивные чрескожные технологии в санации внутритазовых экссудативных послеоперационных осложнений у больных гинекологического профиля // Российский вестник акушера-гинеколога. — 2022. — Т. 25. — №. 5. — С. 62–70. DOI: 10.17116/rosakush20222205162
6. Осмонбекова Н.С. и др. Значение и методика анализа качества жизни хирургических больных // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. — 2012. — Т. 5. — С. 84.
7. Ware, J.E. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). Conceptual framework and item selection // Medical Care. — 1992. — № 30. — P. 473–483. PMID: 1593914.

© Охотникова Наталия Олеговна (Nathunter@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.28

АНАЛИЗ ОТДАЛЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕЗЕКЦИОННЫХ И ОРГАНОСОХРАНЯЮЩИХ МЕТОДИК ЛЕЧЕНИЯ СТЕНОЗА ПИЛОРИЧЕСКОГО КАНАЛА ЯЗВЕННОЙ ЭТИОЛОГИИ

ANALYSIS OF LONG-TERM RESULTS OF RESECTION AND ORGAN-PRESERVING METHODS OF TREATMENT OF PYLORIC CANAL STENOSIS OF ULCERATIVE ETIOLOGY

E. Perisaeva
A. Kultchiev

Summary. KAnalysis of long-term results of resection and organ-preserving operations in gastric ulcer and duodenal ulcer complicated by pyloroduodenal stenosis. A comparative assessment of the methods of surgical treatment of decompensated cicatricial ulcerative duodenal stenosis, as well as the frequency and nature of postoperative complications and long-term pathological syndromes was carried out.

Keywords: pyloroduodenal stenosis, duodenal ulcer, surgical treatment.

Перисаева Элина Акимовна
ассистент, Северо-Осетинская государственная медицинская академия (г. Владикавказ)
perisaeva.elinka@yandex.ru
Кульчиев Ахсарбек Агубеевич
Д.м.н., профессор, Северо-Осетинская государственная медицинская академия (г. Владикавказ)
kulchiev.ahsarbek@yandex.ru

Аннотация: Анализ отдаленных результатов резекционных и органосохраняющих операций при язвенной болезни желудка и ДПК, осложненной пилородуоденальным стенозом. Проведена сравнительная оценка способов хирургического лечения декомпенсированного рубцово-язвенного стеноза (ДРЯС) ДПК, а так же частота и характер послеоперационных осложнений и отдаленных патологических синдромов.

Ключевые слова: пилородуоденальный стеноз, язвенная болезнь ДПК, хирургическое лечение.

Актуальность проблемы

В последние несколько десятилетий отмечается значительное снижение числа осложненных форм язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, что напрямую связывают с успехами консервативной терапии, этим обусловлено уменьшение научных исследований и публикаций на эту тему [2]. Тем не менее частота пилородуоденального стеноза в общей структуре осложнённых форм язвенной болезни варьирует от 7 % до 63 %, составляя в среднем 10–20 % [2, 3, 4, 5]. В структуре летальности от осложнений язвенной болезни на долю стеноза приходится превышающей тот же показатель при хирургическом лечении неосложнённой формы заболевания в 1,5–2 раза. Как свидетельствуют многие авторы, в настоящее время наблюдается преобладание суб- и декомпенсированной стадий этого осложнения язвенной болезни [1, 6, 9, 10]. Подавляющее большинство этих пациентов нуждается в хирургическом лечении, в этой связи, проблема хирургической тактики при различных стадиях стеноза приобретают особую актуальность. К сожалению, вопрос о выборе метода и тактики хирургического лечения не решен до сих пор и остается предметом широкой дискуссии [1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 11, 12]. Все имеющиеся методы подразделяются на 2 группы: резекционные и органосохраняющие методики. Резекция желудка, которая сопровождается относительно высокими цифрами летальности (2–5 %), значительным числом ранних послеоперационных осложнений (12–35 %) и развитием различных постгастрорезекционных синдромов (25–60 %) в отдаленном периоде, а также повышенным риском возникновения рака культи желудка (4–6 %), по-прежнему занимает лидирующие позиции в хирургическом лечении язвенной болезни в целом и в особенности ДРЯС ДПК. [4, 5]. В течение последних 15— 20 лет в лечении осложненных форм ЯБДПК, в том числе и ДРЯС, стали применяться органосохраняющие операции, преимуществами которых являются меньшая травматичность, минимальная летальность, низкая частота развития ранних послеоперационных осложнений и патологических синдромов в отдаленном периоде [2, 4, 5, 9].

Цель исследования

Обоснование выбора хирургической тактики и сравнительная оценка методов хирургического лечения ДРЯС ДПК у данной категории пациентов.

Материалы и методы

Для проведения анализа использован обширный опыт хирургического лечения стенозов (резекций желудка более 1000 операций, различные варианты и органосохраняющих операций с ваготомией — 860) ДПК язвенного генеза дает нам основание отдавать предпо-

чтение дренирующим желудок операциям с СПВ. Кроме того, при наличии ограниченного ряда показаний, у отдельной категории больных, считаем патогенетически обоснованным антрумэктомию со стволовой ваготомией и гастроэнтероанастомоз по Ру — Агеенко. При язвенной болезни желудка и ДПК одним из основных патогенетических условий операции считается сохранение пассажа по ДПК. Однако, в исключительных случаях (сочетание язвенной болезни с выраженными формами функциональной ХДН), вынуждены выключать из пассажа ДПК.

На первом этапе, до 1985 г., по поводу различных форм язвенного стеноза ДПК оперировано 86 больных — I группа.

На втором этапе, с 1986 по 2018 г. с диагнозом хроническая язвенная болезнь осложненная стенозом выполнено 126 операций — II группа.

У второй группы больных количество резекционных вмешательств резко сократилось — до 6. Абсолютное большинство операций составило органосохраняющие с СПВ — 120 (95,2 %) из 126 больных в этой группе больных нами выявлено всего 6 резекций желудка, в объеме — антрумэктомия со стволовой ваготомией. Это те случаи, когда нельзя было сохранить пассаж по ДПК — функциональная дуоденальная непроходимость субкомпенсированной и декомпенсированной стадии.

Из дренирующих желудок операций предпочтение отдаем гастродуоденостомии по Финнею, с учетом имеющейся возможности иссечения краев язвы и рубцовой ткани в пределах здоровых тканей, при поражении передней и боковых стенок ДПК, а так же ревизии задней стенки ДПК.

Следует отметить, что процент общих послеоперационных осложнений в группе с органосохраняющими операциями, в два раза меньше по сравнению с резекционными, что подтверждает патогенетическую обоснованность объема выполненных операций.

Такие грозные осложнения, как несостоятельность культи ДПК, анастомоза и послеоперационный панкреатит чаще наблюдали в I группе, после резекции желудка. В этой группе имели место два случая несостоятельности культи ДПК и один — несостоятельность анастомоза после Бильрот-I с одним летальным исходом. Еще один больной погиб от послеоперационного панкреатита, развившегося вследствие попытки закрытия трудной культи с пенетрирующей язвой в головку поджелудочной железы. В I группе имелось 2 (2,3 %) летальных случая.

Во II группе подобных тяжелых послеоперационных осложнений не было. Наиболее частым послеоперационным осложнением в этой группе было нагноение раны, что никак нельзя объяснить с характером объема операции. Характерные для II группы операции осложнения — гастростаз и диарея имели место в единичных случаях и легко купировались медикаментозно.

В I группе больных выбор объема операции не зависел от степени стеноза. В этой группе больных выбор метода резекции в большей степени зависел от надежности культи ДПК и гастродуоденоанастомоза. При оптимальной ситуации пытались выполнить резекцию по Бильрот-I в 12 (14 %) случаях. При закрытии «трудной» культи ДПК — гастроэнтероанастомоз по Ру — 21 (24,4 %) больной. У абсолютного большинства выполнена резекция по Гофмейстеру — Финстереру — 53 (61,6 %) пациента.

Во II группе больных степень выраженности стеноза влияла на выбор метода дренирующей желудок операции. При IV степени стеноза, при резком угнетении перистальтических возможностей стенки желудка, оптимальным считаем широкое соустье между желудком и ДПК по Финнею. Эту методику считаем оптимальной и при сочетании стеноза с пенетрацией язвы в головку поджелудочной железы. При II и III степени стеноза, когда можно сохранить пилорический жом, предпочтение отдавали дуоденопластике с обязательной СПВ. Некоторые ведущие хирурги выполняют дуоденопластику без СПВ. Мы считаем обязательным СПВ в плановой хирургии, при всех органосохраняющих операциях язвенной болезни ДПК.

В этой группе (II) было выполнено 6 антрумэктомий с стволовой ваготомией по «вынужденным» показаниям — ХДН III–IV ст.

Таким образом, у абсолютного большинства больных во II группе выполнена операция Финнея с СПВ (72,3 %). Пилоропластика по Гейнеке — Микуличу выполнена у 8 (6,3%) больных при II степени стеноза.

В табл. 1 (I группе) отражены функциональные и органические изменения выявленных в отдаленном периоде после резекционных операций. Как видно из данной таблицы, абсолютное большинство (67,2 %) пациентов, после различных, резекционных желудок операций, имеют различные патологические состояния. Из них — у 7,8 % рецидив язвенной болезни. Из резекционных желудок методов операций наихудшие результаты получены после операции Гофмейстера — Финстерера. У 97,5 % пациентов отмечены разные патологические состояния.

В таблице 1 особо следует обратить внимание на тот факт, что после резекции желудка, по Гофмейстеру — Финстереру в отдаленном периоде нет пациентов, которые чувствуют себя абсолютно здоровыми.

Таблица 1 (I — группа)

Отдаленные результаты

Патологическое состояние	Результат операции			Всего (64)
	Г. — Ф. (41)	по Ру (14)	Б — I (9)	
Рецидив язвы	4 (9,7)	1	—	5 (78%)
Демпинг синдром	7 (17%)	—	—	7 (17%)
Синдром приводящей петли	2	—	—	2
Желудочный дискомфорт	12 (30%)	2	—	14 (22%)
Вегетоастенический синдром	10 (24%)	—	1	11 (17%)
Железодефицитная анемия	3 (7,3%)	—	1	4 (9,4%)
Итого	38 (97,5%)	3 (21,4%)	2 (22,2%)	43 (67,2%)

Во II группе больных (табл. 2) отдаленные результаты более благоприятны по сравнению с I группой. Как видно из таблицы № 2, разные патологические состояния после органосохраняющих желудок операций с СПВ, выявлено у 21,6 %. По сравнению с I группой — в 3 раза меньше. Из них рецидив язвы в 2,4 %. Наиболее частым патологическим состоянием в этой группе является желудочный дискомфорт у 8,3 %.

Таким образом, наглядно видно, что у абсолютного большинства больных 78,4 % после органосохраняющих желудок операций с СПВ в отдаленном периоде не выявлено патологическое состояние. У 2,4 % имеется рецидив язвенной болезни.

Сегодня результаты любых хирургических операций оцениваются по отдаленным результатам, основываясь на качестве жизни пациента. С этих позиций нами изучены полученные отдаленные результаты выполненных операций в разных группах больных.

Оценка качества жизни больных в отдаленном периоде

Полученные отдаленные результаты любых операций с позиции доказательной медицины, должны отражать качество жизни пациента. С этих позиций нами изучены отдаленные результаты по классификации Visick, опросник и DDQ — 15 в отдаленном периоде, в сроки от 3 до 30 лет.

После резекционных операций (I — группа) в отдаленные сроки качество жизни определено у 64 пациентов и у 83 во II группе.

Мы провели анкетирование всех 147 больных перенесших операции на желудке, по обоим опросникам и классификации Visick.

Согласно проведенным расчетам, среднее значение индекса DDQ — 15 для здоровых лиц составляет — 4,13, ИКЖФХК — 124,1±5,4 балла, а в группах с «отличными» и «хорошими» результатами операции следует относить с величиной индекса DDQ — 15 более — 3,41, ИКЖФХК — более 100 баллов.

В этой группе пациентов лишь у 27,3 % пациентов отдаленные показатели качества жизни можно признать приемлемыми, в то время как у абсолютного большинства (72,7 %) качество жизни нельзя признать хорошим. И лишь у 2 (3,1 %) пациентов оно признанно отличным.

Качество жизни по DDQ — 15 у больных перенесших резекции желудка близка по показателям качества ИКЖФХК — хорошее и отличное качество жизни выявлено у 32,5 % пациентов. У большинства пациентов зафиксировано удовлетворительное качество жизни (42,1 %) Следует отметить, что у абсолютного большинства (67,5 %) пациентов качество жизни по DDQ — 15 нельзя признать приемлемым.

Отличные и хорошие показатели качества по ИКЖФХК получено у 74,7 % пациентов в отдаленные сроки после

Таблица 2 (II — группа)

Отдаленные результаты

Патологическое состояние	Операция				Всего (83)
	Финнея, с СПВ — 51	Гейнеке Микуличу, СПВ — 6	Дуоденопластика, СПВ — 21	Антрумэктомия, СТВ, Ру. — 6	
Рецидив язвы	2	—	—	—	2(2,4)
Демпинг синдром легкой степени	1	1	—	—	2
Диарея	1	—	—	—	1
Желудочный дискомфорт	4	1	1	1	7 (8,3%)
Рубцовый стеноз анастомоза	—	—	1	—	1
Вегетоастенический синдром	4	—	—	1	5
Итого	12 (23,5%)	2	2	2	18 (21,6%)

ваготомии с органосохраняющим и органощадящим операциями на желудке. Удовлетворительные результаты получения у 19,2 % пациентов. И у 6,1 % результаты признаны плохими.

У большинства пациентов 46,2 % получены хорошие результаты качества жизни, отличные у 28,8 %, удовлетворительные у 21,4 % и лишь у 3,6 % плохие. Для большей объективности полученных отдаленных результатов выполненных операций на желудке, нами они оценены и по классификации Visick (1948) — таблица № 3.

Таблица 3.

Отдаленные результаты резекционных и органосохраняющих операций в сочетании с ваготомией

Результат	I – группа (резекция желудка)		II – группа (органосохраняющая операция + ваготомия)	
	Абс.	%	Абс.	%
Отличный			60	72,8
Хороший	17	26,2	11	12,0
Удовлетворительный	33	52,0	9	11,6
Плохой	14	21,9	3	3,6
Итого	64	100	83	100

Секреторная функция желудка в отдаленном периоде, после резекционных операций

При изучении отдаленных результатов операций на желудке необходимо оценить прежде всего его секреторную функцию.

В I группе больных (после резекционных желудок операций) в отдаленном периоде секреторная функция желудка изучена у 32 больных, следует отметить, что после резекции желудка, особенно после операции Гофмейстера — Финстерера получить достоверные показатели секреции желудка сложно.

Во II группе больных (с органосохраняющими операциями с ваготомией) секреторная функция изучена у 40 пациентов.

Результаты и их обсуждение

Непосредственные результаты резекционных методов хирургического лечения стенозирующих язв ДПК сопровождались более частыми осложнениями и наихудшими результатами по сравнению с органосохраняющими операциями с ваготомией.

Летальность после резекционных желудок операций составила 2,3 %, после органосохраняющих с ваготомией летальных случаев не было.

Общее число послеоперационных осложнений (53,3 %) наблюдалось чаще в группе больных перенесших резекцию желудка по сравнению с органосохраняющими операциями (23,1 %). После резекции желудка по Гофмейстеру — Финстеренру и по Бильрот — I наблюдали несостоятельность швов с одним летальным исходом. В этой же группе больных у 5 развилась картина послеоперационного панкреатита, у 4-х средней степени тяжести, купированная медикаментозной терапией, у одного развился инфицированный панкреонекроз с летальным исходом.

Одним из характерных для операций на желудке послеоперационных осложнений является гастростаз. В группе с органосохраняющими операциями и ваготомией гастростаз развился у 4,8 %, после резекционных операций — у 10,4 %.

Из дренирующих желудок операций предпочтение отдавалось гастродуоденостомии по Финнею.

Отдаленные результаты изучены в сроки от 3 до 30 лет после операций

В I группе из 84 выписанных после резекций желудка в отдаленные сроки удалось обследовать 64 больных. Из них у 43 (67,2 %) выявлены различные патологические состояния (табл.1) Рецидив язвы — 5 (7,8 %), демпинг синдром средней степени — 7 (10,9 %), желудочный дискомфорт — 14 (22,6 %) вегетоастенический синдром — 11 (17 %) и железодефицитная анемия — 4 (9,4 %). В этой группе только у 21 (31,3 %) пациентов не выявлено патологических состояний.

В II группе пациентов, перенесших органосохраняющие и органощадящие операции с ваготомией, обследовано 83 пациента. У 18 (21,6 %) из них (табл. 2) выявлены различные патологические состояния. Рецидив язвы — 2 (2,4 %), демпинг синдром — 2 (2,4 %). Наиболее частым симптомом в этой группе был желудочный дискомфорт — 7 (8,3 %). В этой группе имели одно серьезное осложнение в отдаленном периоде. У одной больной через 2 года после дуоденопластики, СПВ развился стеноз II–III степени анастомоза. При этом у нее не было рецидива язвы. Рубцевание анастомоза шло без язвенного процесса, вследствие технических погрешностей выполнения дуоденопластики. Этой больной выполнен гастродуоденоанастомоз по Финнею с хорошими отдаленными результатами в течение 12 лет.

Сравнение отдаленных результатов после операции Финнея (51) и дуоденопластики (21), по клиническим и рентген — эндоскопическим критериям, преимущество какой-либо методики выявлено не было. Единственное, что отмечено, в первые 2–3 года после операции заброс содержимого из ДПК в желудок чаще отмечается

после операции по Финнею. Через 3 года разница по результатам этих методик практически нивелируется. Качество жизни после резекционных операций показано на таблице 3, у абсолютного большинства пациентов оно признанно удовлетворительным и плохим (73 %).

В группе больных с органосохраняющими вмешательствами с СПВ качество жизни в отдаленном периоде у 72,8 % признанно высоким и у 21,4 удовлетворительным — 11,6 % и плохим у 3,6 %.

Полученные показатели кислотопродуктивной функции желудка в отдаленном периоде выявили, что у больных с отличными и хорошими отдаленными результатами было нормацидное состояние желудочной секреции, не зависимо от объема операции на желудке.

У больных с удовлетворительными результатами операции отмечено резкое угнетение секреторной функции желудка

И у больных с плохими результатами операции (рецидив язвы) выявлено повышение, как в базальной фазе, так и в стимулированной фазе секреции.

Таким образом, у больных перенесших различные операции на желудке по поводу язвенной болезни, результаты операции в отдаленном периоде коррелируются с показателями желудочной фазы секреции. У больных с хорошими отдаленными результатами выявлено — нормацидное состояние желудочной секреции. При плохих результатах, с рецидивами язвы, у всех выявлена гиперсекреция желудочного сока.

При этом, лучшие отдаленные результаты получены после органосохраняющих операциях с СПВ.

Выводы

Резекционные методы лечения ДРЯС ДПК сопровождаются большим числом ранних послеоперационных осложнений, отдаленных патологических синдромов, более высоким процентом летальных исходов по сравнению с органосохраняющими, поэтому, у этой категории больных, в функциональном плане эти вмешательства патогенетически менее выгодны и должны выполняться по строгим и индивидуальным показаниям.

Из дренирующих желудок операций при стенозе пилородуоденального канала наиболее предпочтительной является операция Финнея с СПВ.

При постбульбарном стенозе ДПК патогенетически наиболее обоснована дуоденопластика по В.И. Оноприеву с СПВ.

Таким образом, на основании представленного выше материала можно предложить, что при стенозирующей язве пилородуоденального канала органосохраняющие операции с СПВ дают в абсолютном большинстве случаев хорошие непосредственные и отдаленные результаты.

Систематический обзор на основе принципов доказательной медицины, проведенный Бебуришвили А.Г. и соавт. показывает, что рандомизированные клинические исследования (РКИ), имеют определенные изъяны, не позволяющие окончательно регламентировать подходы по лечению пилородуоденального стеноза язвенной этиологии [2]. В рамках доказательной медицины выводы и практические рекомендации по лечению язвенного пилородуоденального стеноза могут быть сформулированы по результатам отдельных РКИ и заключаются в следующем: при выборе способа оперативного лечения необходимо дифференцировать расположение язвенного дефекта, поскольку наиболее часто осложняются стенозированием язвы пилорического канала и препилорические язвы (уровень доказательности 1); чем ниже располагается язвенный дефект, тем более эффективными являются селективные варианты ваготомии; при пилорической и препилорической язве рецидив после стволовой ваготомии наблюдается реже (уровеньдоказательности 1); селективные способы ваготомии без дренирующих вмешательств возможны только при «функциональном» стенозе, на фоне обострения язвенной болезни (уровень доказательности 1); при «органическом» стенозе селективные варианты ваготомии возможны (вероятность возникновения постваготомической диареи снижается), но менее целесообразны, так как приходится дренировать желудок (уровень доказательности 1); дренировать желудок после ваготомии возможно как путем пилоропластики, так и с помощью гастроэнтеростомии (уровень доказательности 1); при пилородуоденальном язвенном стенозе пилоропластику лучше делать по Финнею, а не по Гейнике-Микуличу (уровень доказательности 1); ваготомия (стволовая или селективные способы), сочетанная с антрумэктомией, дает меньшую частоту рецидива язвенной болезни, чем ваготомия, дополненная пилоропластикой (уровень доказательности 1); при восстановлении целостности желудочно-кишечного тракта после антрумэктомии предпочтение следует отдавать методике Ру или Бильрот I (уровень доказательности 1)[2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Авакимян В.А. Язвенная болезнь (вопросы патогенеза)// Кубанский научный медицинский вестник.2007. — №4–5. С. 12–17.
2. Бебуришвили А.Г., Федоров А.В., Сажин В.П., Панин С.И., д.м.н., проф. Зюбина.-Хирургическое лечение язвенного пилородуоденального стеноза//Хирургия. Журнал имени Н.И. Пирогова 2019, №4, с. 94–99.
3. Бойко В.В., Ткач С.В., Грома В.Г., Шевченко А.Н., Лыхман В.Н., Багиров Н.В. — Оптимизация хирургического лечения пилородуоденальных стенозов язвенной этиологии//Вестник хирургии Казахстана 2013. — №2. С. 32–37
4. Горбунов В.Н. Осложненные гигантские пилородуоденальные язвы: клиническая картина, диагностика, хирургическое лечение. Горбунов В.Н., Нагиев Э.Ш., Столярчук Е.В. // Вестник хирургической гастроэнтерологии. — 2009. — № 3 — С. 63–69.
5. Дурлештер В.М., Дидигов М.Т. — Анализ результатов и сравнительная оценка лечения декомпенсированного рубцово-язвенного стеноза двенадцатиперстной кишки.
6. Кузин Н.М. Селективная проксимальная ваготомия с дуоденопластикой в лечении дуоденальных стенозов у больных язвенной болезнью двенадцатиперстной кишки. Кузин Н.М., Алимов А.Н. // Хирургия. — 1997. — № 4. — С. 38–43.
7. Кузин Н.М. Эффективность хирургического лечения дуоденальной язвы. Кузин Н.М., Крылов Н.Н. // Хирургия. — 1999. — № 1. — С. 17–20.
8. Кульчиев А.А., Морозов А.А., Тедеев С.У., Галачиев С.М., Дзбоев Д.М. Хирургическое лечение рубцово-язвенного тсеноза пилородуоденального канала// Вестник хирургической гастроэнтерологии. 2015. № 3–4. С. 62–70.
9. Лобанков В.М. Хирургия язвенной болезни на рубеже XXI века. // Хирургия. — 2005. — № 1. — С. 58–64.
10. Окоемов М.Н. Сравнительная характеристика эффективности операций при язвенном пилородуоденальном стенозе. Окоемов М.Н., Кузин Н.М., Крылов Н.Н. // Хирургия. — 2002. — № 5. — С. 26–29.
11. Оноприев В.И. Дуоденопластика — новый тип дренирующей операции при селективной проксимальной ваготомии у больных со стенозирующими язвами двенадцатиперстной кишки. Оноприев В.И., Замулин Ю.Г., Сиюхов Ш.Т. // Всероссийская научная практическая конференция хирургов. Тезисы докл. Саратов 1980. — С. 239–240.
12. Yamaguchi T., Ichikawa D., Kurioka H. et al. Postoperative clinical evaluation following pyloruspreserving gastrectomy // Hepatogastroenterology. — 2004. — Vol. 51, №57. P. 883–886.

© Перисаева Элина Акимовна (perisaeva.elinka@yandex.ru); Кульчиев Ахсарбек Агубеевич (kulchiev.ahsarbek@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.31

СИНДРОМ БОЛЕВОЙ ДИСФУНКЦИИ ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНОГО СУСТАВА И ЕГО ВЗАИМОСВЯЗЬ С ДЕФЕКТАМИ ЗУБНЫХ РЯДОВ

THE RELATIONSHIP BETWEEN PAIN DYSFUNCTION SYNDROME OF TEMPOROMANDIBULAR JOINT AND DEFECTS OF THE DENTITION

E. Pichugina
V. Konnov
K. Frolkina
A. Dralschikova
A. Arushanyan

Summary: The article is dedicated to dental problem of pain dysfunction of temporomandibular joint that has patients with distal defects of the dentition. According to the World Health Organization 75 per cent of adult population of the planet have dentition defects and 83,6 per cent of them have symptoms of dysfunction of temporomandibular joint. It was founded that patients with dentition defects has pain dysfunction syndrome of temporomandibular joint different severity.

Keywords: temporomandibular joint, jaw muscles, of pain dysfunction of temporomandibular joint, defects of the dentition.

Пичугина Екатерина Николаевна
кандидат медицинских наук, доцент, Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского
katuni.17.90@rambler.ru
Коннов Валерий Владимирович
доктор медицинских наук, профессор, Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского
Фролкина Ксения Михайловна
Ассистент, Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского
Дральщикова Анастасия Алексеевна
Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского
Арушанян Ануш Рудиковна
Ассистент, Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского

Аннотация. Данная статья посвящена актуальной проблеме стоматологии — болевой дисфункции височно-нижнечелюстного сустава у пациентов с дистально-неограниченными дефектами зубных рядов. По данным Всемирной организации здравоохранения дефекты зубных рядов встречаются у 75 % взрослого населения различных регионах планеты, а у 83,6 % из них наблюдаются симптомы дисфункции ВНЧС. В результате исследования было выявлено, что у пациентов с дефектами зубных рядов определялся синдром болевой дисфункции височно-нижнечелюстного сустава различной степени тяжести.

Ключевые слова: височно-нижнечелюстной сустав, жевательные мышцы, дисфункция, дефект зубного ряда.

Введение

Беспрепятственная и слаженная работа всех звеньев жевательного аппарата является признаком отсутствия патология, характеризующееся максимальной работоспособностью всех структур при минимальных затратах энергии. По данным Всемирной организации здравоохранения дефекты зубных рядов встречаются у 75 % взрослого населения различных регионах планеты. В России данная патология по данным исследований различных отечественных авторов встречается в 40–75 % случаев.При чем больные с двусторонними концевыми дефектами зубных рядов встречаются в 42 % случаев, а с односторонними — в 44 %. Наибольшее количество зубов удаляется в возрасте 40–49 лет. По статистике мужчины удаляют зубы чаще женщин. Чаще всего по данным исследований удаляются первые нижние постоянные моляры и составляют 9,38 % от числа всех удаленных зубов, на втором месте находится третий верхний моляр — 8,75 % [1,2]. Л. Д. Магдеева изучая состояние стоматологического здоровья взрослого населения в г. Саратов, определила, что количество удаленных зубов у пациентов в возрасте 35–44 лет составило 4,3 ± 0,4, а в возрасте старше 65 лет — 19,3 ± 0,9 [3].

Изучая факторы, приводящие к удалению зубов Петрикас А.Ж. с соавторами в 2014 году, выявили соотношение травматической, пародонтологической и эндодонтической причин как 1:7:23 [4].

Отсутствие должного и своевременного ортопедического лечения пациентов с дефектами зубных рядов приводит к развитию вторичной травматической окклюзии и как следствие к формированию патологии жевательных мышц и височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС). Исследования зарубежных и отечественных авторов достоверно доказали, что существование дефекта зубного ряда, не восполненного состоятельной ортопедической конструкцией в течение6-7 лет приводит к пространственным топографо-анатомическим перестройкам элементов височно-нижнечелюстного сустава и формированию болевого синдрома [5,6]. Однако, отсутствие нескольких зубов, часто не является для пациентов веской причиной обращения за специализированным лечением, ввиду того что оставшиеся зубы могут еще

могут участвовать в акте жевания. Однако чрезмерная и несвойственная нагрузка на функционирующие зубы часто приводит к необратимым последствиям. У 83,6 % пациентов с частичным отсутствием зубов отмечаются симптомы дисфункции ВНЧС [7,8].

Нарушение окклюзии в результате частичного отсутствия зубов вызывает дискоординацию функции жевательных мышц, вызывая при этом асинхронные движения в височно-нижнечелюстном суставе с обеих сторон. В дальнейшем сустав испытывает повышенную нагрузку на структурные элементы, происходят дегенеративные изменения его компонентов и, как следствие, появление болевых ощущений в области жевательных мышц и самого сустава.

Цель исследования

Оценитьчастоту проявлений и степень выраженности синдрома болевой дисфункции височно-нижнечелюстного сустава у пациентов с дистально-неограниченными дефектами зубных рядов.

Материалы и методы исследования

На кафедре стоматологии ортопедической Саратовского ГМУ им. В.И. Разумовского проведено обследование 64 пациентов с концевыми дефектами зубных рядов и симптомами болевой дисфункции височно-нижнечелюстного сустава. Из них 43,75 % женщин и 56,25 % мужчин. Возраст обследованных составил от 24 до 65 лет.

Всем пациентам было проведено комплексное обследование, включающее основные и дополнительные методы согласно протоколу ведения больных «Частичное отсутствие зубов» от 16 сентября 2004 г. Пациенты были проинформированы о цели и задачах исследования и дали добровольное письменное согласие. Для более детальной диагностики синдрома болевой дисфункции использовали разработанную нами «Программу для определения степени выраженности синдрома болевой дисфункции височно-нижнечелюстного сустава» (свидетельство государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017618718 заявка № 2017615666 от 14.06.2017). В основе программы лежат клинические проявления болевой дисфункции ВНЧС, характеризующие разную степень тяжести заболевания, а также рекомендации по необходимым мероприятиям для дальнейшего лечения патологии. Для оценки окклюзионных взаимоотношений зубных рядов определяли индекс окклюзиограммы по методике Н.Х. Хамитовой (1986).

Вариационно-статистический анализ результатов исследования проведен с помощью пакета прикладных программ Microsoft Office Excel 2016 и Statistica 6.0. Для проверки гипотезы о достоверности или недостоверности различия между двумя средними значениями (при $p < 0,05$, $p < 0,01$, $p < 0,001$) использовали параметрический t-критерий различия (критерий Стьюдента).

Результаты и обсуждения исследования

В результате проведенного обследования пациентов с концевыми дефектами зубных рядов выявили, что движения нижней челюсти вызывали болевые ощущения в области височно-нижнечелюстного сустава у 93,75 % пациентов, в 6,25 % случаев боли не наблюдалось. При этом боль при вертикальных движениях нижней челюсти отмечалась у 75,0 % обследуемых, при боковых движениях у 3,13 % пациентов, а в 15,62 % случаев болезненность отмечалась при различных движениях нижней челюсти.

Боль в области жевательных мышц во время функции нижней челюсти отмечалась в 71,87 % наблюдений. При открывании и закрывании рта болезненность жевательных мышц была установлена в 68,75 % случаев, при боковых движениях нижней челюсти в 3,12 % случаев. Болевые ощущения отсутствовали у 28,13 % пациентов.

У 65,62 % пациентов отмечали однократное появление в анамнезе болевого синдрома. У 31,25 % обследуемых болевой синдром возникал с разной периодичностью. На наличие боли в момент обследования, а также периодическое появление болевого синдрома в анамнезе настоящего заболевания предъявляли жалобы 3,13 % пациентов,

Все пациенты отмечали разную выраженность болевого синдрома. Слабые болезненные ощущения наблюдались у 87,5 % обследуемых. На умеренную боль предъявляли жалобы 9,37 % пациентов. А в 3,13 % случаев болевой синдром отсутствовал.

Кроме того, по субъективным ощущениям пациентов можно было определить различный характер имеющейся боли. Неприятные ощущения в области височно-нижнечелюстного сустава наблюдались у 81,25 % обследованных. На тупую, ноющую боль жаловались 15,62 % исследуемых пациентов. У 3,13 % пациентов боль отсутствовала.

По длительности болевой синдром подразделялся следующим образом: в 3,13 % случаев боль отсутствовала, 87,5 % пациентов отмечали однократную кратковременную боль, 9,37 % пациентов жаловались на периодически возникающую, кратковременную боль.

Болевой синдром у 81,25 % пациентов появлялся после жевательной нагрузки, у 12,5 % обследуемых боль проявлялась при различных движениях нижней челюсти. У 3,13 % пациентов болевой синдром не отмечался.

По локализации боль у 84,37 % обследованных наблюдалась в области височно-нижнечелюстного сустава справа или слева. В 6,25 % случаев боль отмечалась в области височно-нижнечелюстного сустава справа и слева, а у 6,25 % пациентов боль локализовалась не только в области ВНЧС, но и иррадиировала в различные отделы челюстно-лицевой области. В 3,13 % случаев боль отсутствовала.

Пальпация височно-нижнечелюстного сустава у 21,87 % пациентов была безболезненна. Неприятные ощущения при пальпации в области ВНЧС с одной стороны (либо справа, либо слева) отмечались в 65,63 % наблюдений. Болезненная пальпация в области височно-нижнечелюстного сустава справа или слева встречалась у 6,25 % пациентов. Боль при пальпации в области ВНЧС справа и слева отмечалась у 6,25 % обследуемых.

Безболезненная пальпация жевательных мышц отмечалась у 31,25 % пациентов данной подгруппы. Неприятные ощущения при пальпации в области жевательных мышц с одной стороны встречались у 62,5 % обследуемых, болезненная пальпация в области жевательных мышц с одной стороны отмечалась у 6,25 % пациентов.

Проанализировав полученные результаты получили, что в зависимости от интенсивности болевого синдрома пациенты с дефектами зубных рядов распределились следующим образом: у 65,63 % обследованных отмечался синдром болевой дисфункции ВНЧС легкой степени, у 25,0 % — средней степени, а у 9,37 % — тяжелой степени.

Индекс окклюзиограммы по методике Н.Х. Хамитовой (1986) у пациентов с лёгкой степенью болевой дисфункции ВНЧС составил 73,74 ± 3,03 %, со средней степенью — 68,69 ± 3,09 %, с тяжёлой степенью — 52,42 ± 2,12 %.

Заключение

Таким образом, по результатам проведенного обследования у всех пациентов с дистально-неограниченными дефектами зубных рядов были выявлены симптомы болевой дисфункции височно-нижнечелюстного сустава различной степени выраженности. При этом пациенты с синдромом болевой дисфункции легкой степени тяжести встречаются почти в 3 раза чаще, чем пациенты со средней степенью и в 7 раз чаще, чем пациенты с тяжелой степенью.

Полученные результаты исследования подтверждают, что длительное отсутствие зубов и рационального лечения приводят к развитию болевой дисфункции височно-нижнечелюстного сустава различной степени тяжести.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филимонова О.И., Плюхин Д.В. Обращаемость населения за стоматологической помощью в негосударственные учреждения // Проблемы стоматологии. 2011. № 4. С. 68–70.
2. Роль динамической электронейростимуляции в комплексном лечении мышечно-суставной дисфункции пациентов с деформациями зубных рядов и прикуса / Разаков Д.Х. [и др.] // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. С. 199.
3. Булкина Н.В., Магдеева Л.Д. Распространённость и интенсивность признаков заболеваний пародонта среди взрослого населения г. Саратова // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1. С.107.
4. Летуновская С.А., Петрикас О.А. Причины удаления зубов пациентов разного возраста // Маэстро стоматологии. 2011. № 4. С. 62–64.
5. Этиологические факторы, способствующие возникновению дефектов и деформаций челюстно-лицевой области / Гуйтер О.С. [и др.] // Наука молодых — EruditioJuvenium. 2015. № 4. С. 91–97.
6. Clinical manifestations of temporomandibular joint dysfunction in patients with free-end edentulousspace / Pichugina E.N. [et. al.] // Archiv EuroMedica. 2019. № 9(1). P. 175–176.
7. Распространённость патологии височно-нижнечелюстного сустава у пациентов с частичной потерей зубов / Гажва С.И. [и др.] // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. С. 193.
8. Specifics of occlusion disturbances in adults with distal occlusion due to dentition defects / Konnov S.V. [et. al.] // Archiv EuroMedica. 2018. № 8(1). P. 40–41.

© Пичугина Екатерина Николаевна (katuni.17.90@rambler.ru); Коннов Валерий Владимирович; Фролкина Ксения Михайловна; Дральщикова Анастасия Алексеевна; Арушанян Ануш Рудиковна
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.33

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЦЕЛЬНОЛИТОЙ КУЛЬТЕВОЙ ШТИФТОВОЙ ВКЛАДКИ ПРИ ДЕКОМПЕНСИРОВАННОЙ ФОРМЕ ПАТОЛОГИЧЕСКОЙ СТИРАЕМОСТИ ЗУБОВ[1]

Романов Максим Михайлович
Ассистент,
Казанский (Приволжский) федеральный университет
rov.maks@mail.ru
Хафизов Ирек Раисович
кандидат медицинских наук, доцент,
Казанский (Приволжский) федеральный университет
khafozovirek@mail.ru
Хафизов Ильдар Раисович
научный сотрудник,
Казанский (Приволжский) федеральный университет
ildar.226@mail.ru
Хафизов Раис Габбасович
доктор медицинский наук, профессор,
Казанский (Приволжский) федеральный университет
implantstom@bk.ru

Аннотация. В современной практике стоматолога довольно часто встречаются случаи обращения пациентов с разрушенной коронковой частью зубов. Эта проблема обусловлена действием кариозных факторов, травматической составляющей, а также случаями патологической стираемости зубов. Для успешного лечения таких дефектов на сегодняшний день применяют всевозможные конструкции основой которых являются штифты, изготовленные из различных материалов. В большинстве случаев обращений пациентов к стоматологу для устранения дефекта коронковой части зуба поступают пациенты с клинической ситуацией, когда ИРОПЗ превышает 80 %. В таких случаях приемлемо изготавливать культевые штифтовые вкладки методом литья. Это обосновано тем, что такие конструкции изготавливаются монолитно, в отличии от культевых конструкций изготовленных с применением штифтов. Последние изготавливаются в полости рта с применением композитных материалов светового отверждения. Однако отдаленные результаты показывают несостоятельность таких конструкций, ввиду выпадения коронок, опирающихся на такие конструкции. Как показывает практика, эти явления возникают из-за разрушения коронковой части культевой штифтовой конструкции, которая, по-видимому, не выдерживает жевательной нагрузки. Также поломки возможны из-за недостаточного светового отверждения в узких устьях корневых каналов, в которые не попадают лучи светополимеризационной лампы. Подробные исследования таких случаев освещены в других наших статьях.

Останавливаясь на способах изготовления литых культевых штифтовых вкладок можно сказать, что в современной литературе описываются прямые и косвенные методы изготовления.

Цель исследования. Усовершенствование способа изготовления культевой штифтовой вкладки для восстановления однокорневых зубов.

IMPROVED METHOD FOR MANUFACTURING A SOLID POST INLAY IN DECOMPENSATED FORM OF PATHOLOGICAL TEETH ABRASION[2]

M. Romanov
I. Khafizov
I. Khafizov
R. Khafizov

Summary: In the modern practice of a dentist, there are quite often cases of treatment of patients with a destroyed crown part of the teeth. This problem is caused by the action of carious factors, the traumatic component, as well as cases of pathological tooth wear.

To successfully treat such defects, today all possible designs are used, the basis of which are pins made of various materials. In most cases of patients visiting a dentist to eliminate a defect in the crown part of the tooth, patients come with a clinical situation when IROPZ exceeds 80%.

In such cases, it is acceptable to make stump pin tabs by casting. This is justified by the fact that such structures are made in one piece, in contrast to the stump structures made using pins. The latter are made in the oral cavity using light-curing composite materials.

However, the long-term results show the failure of such structures, due to the loss of crowns based on such structures. As practice shows, these phenomena occur due to the destruction of the crown part of the stump pin structure, which apparently does not withstand the masticatory load. Also, breakdowns are possible due to insufficient light curing in the narrow mouths of the root canals, which do not get the rays of the light-curing lamp.

Detailed studies of such cases are covered in our other articles.

Focusing on the methods of manufacturing cast stump pin tabs, we can say that direct and indirect manufacturing methods are described in modern literature.

Purpose of the study. Improvement of the method of manufacturing a stump pin insert for the restoration of single-rooted teeth.

Materials and methods. In our article, we present an improvement of the direct manufacturing method, by using the author's device for the manufacture of a stump post insert.

Results. The traditional methods of making stump pin inlays and the method proposed by us are compared. A study on the speed of manufacturing wax reproductions of stump pin inlays for central, lateral incisors, canines, premolars was carried out using direct and indirect manufacturing techniques and a technique improved by us.

[1] Работа выполнена в инициативном порядке в рамках реализации Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (ПРИОРИТЕТ -2030)

[2] The work was carried out on an initiative basis as part of the implementation of the Strategic Academic Leadership Program of Kazan (Volga Region) Federal University (PRIORITY -2030)

Conclusions. As a result of the use of our device, it is possible to reduce the manufacturing time of the wax composition of the stump pin tab and to obtain a cast stump pin tab with a high degree of marginal fit in the end.

Keywords: stump pin tab, device for making a stump pin tab, dentures.

Материалы и методы. В нашей статье мы представляем усовершенствование прямого метода изготовления, путем применения авторского устройства для изготовления культевой штифтовой вкладки.

Результаты. Сравнены традиционные способы изготовления культевых штифтовых вкладок и предложенный нами способ. Проведено исследование по скорости изготовления восковых репродукций культевых штифтовых вкладок для центральных, боковых резцов, клыков, премоляров с использованием прямой и косвенной методики изготовления и методикой, усовершенствованной нами.

Выводы. В результате применения нашего устройства удается уменьшить время изготовления восковой композиции культевой штифтовой вкладки и получить литую культевую штифтовую вкладку с высокой степенью краевого прилегания в конечном итоге.

Ключевые слова: культевая штифтовая вкладка, устройство для изготовления культевой штифтовой вкладки, зубные протезы.

Актуальность

Постэндодонтическое восстановление зубов является одной из самых обсуждаемых проблем ортопедической стоматологии. В последние 20 лет появилось множество различных материалов и методик, однако из-за отсутствия однородных клинических исследований, стоматологическое сообщество до сих пор не пришло к единому выводу о большей эффективности того или иного метода. Поэтому каждый стоматолог-ортопед в своей практике сталкивается с выбором методики, которая будет наиболее оптимальной в том или ином клиническом случае [1].

За продолжительную историю ортопедической стоматологии было предложено большое количество различных штифтовых конструкций (Ричмонд, 1885; Л.В. Ильина — Маркосян, 1949; А.А. Ахмедов, 1971; Б.С. Клюева, 1978; Shiloah, 1981), однако большая их часть в современном клиническом опыте не прижилась. В то же время, такая группа протезов, как культевые вкладки, имеет широкое применение и по сей день (В.Н. Копейкин, 1964; А.М. Константинов, 1969). Отличительная особенность их заключается в том, что они состоят из двух частей: литого элемента со штифтом и искусственной коронки. При этом коронка может быть, как металлическая (штампованная, литая), так и эстетическая (пластмассовая, керамическая), либо комбинированная (металлопластмассовая, металлокерамическая). Предпочтительными, основываясь на современных требованиях стоматологии, являются эстетические коронки жакетного типа. Культевая штифтовая вкладка (КШВ) представляет собой наддесневой опорно-ретенционный элемент, по форме напоминающий культю зуба, препарированного под дальнейшую реставрацию и ступенчатый внутрикорневой удерживающий штифт, имеющий 2-3 ступени для равномерного распределения функциональной нагрузки по длине корня. Отливается опорный элемент со штифтом из стоматологических сплавов в форме стержня, состоящего из 4-х соединенных последовательно, уменьшающихся в поперечном сечении ступеней (включая наддесневую часть). Форма и размер опорного элемента могут иметь разнообразные параметры, что определяется сохранившимися твердыми тканями и групповой принадлежностью зуба. При полном отсутствии коронки зуба и хорошо сохранившемся корне поверхность основания может быть прямой, овальной, выпуклой или вогнутой формы. Ряд авторов рекомендует делать кольцевой ободок величиной около 2 мм — феррулу (o-ring — в англоязычной литературе) для сохранения герметизма корневого канала, предотвращения попадания ротовой жидкости и, как следствие, расцементирования конструкции. [4]

Культевые штифтовые вкладки используются для протезирования больных при сильном разрушении и низкой клинической коронке зубов с последующим изготовлением на них искусственных коронок. [12]. В клинической практике ортопедической стоматологии одним из самых распространенных случаев является разрушение коронок зубов. Причиной тому могут быть запущенный кариозный процесс, травма, некариозные поражения и другие заболевания твердых тканей зубов. Ключевым фактором является то, что индекс разрушения окклюзионной поверхности зубов более 80 %. [2]. Для восстановления нарушенной конфигурации зубов при лечении пациентов с дефектами твердых тканей при индексе разрушения окклюзионной поверхности зуба (ИРОПЗ) более 0,8 или полном отсутствии коронки моляров и премоляров широко используют разборные штифтовые культевые вкладки. [8]. Протезирование повышенной стираемостью твердых тканей зубов, осложненной частичной потерей зубов даже при наличии локализованных форм, зачастую является сложной задачей. [3]. Причины, приводящие к возникновению низких и разрушенных клинических коронок, различны. По публикациям ряда авторов, частота повышенной стираемости зубов колеблется от 5,2% до 18,8 % с тенденцией

увеличения с возрастом до 42 %. Кариес и травма являются основными причинами возникновения дефектов клинических коронок: 66,26±5,18 % и 33,74±5,18 % соответственно [11]. Сохранение зубов с полными дефектами коронковой части и их ортопедическое лечение позволяет предупредить возникновение дефектов и деформаций зубных рядов, сохранить естественный механизм передачи жевательного давления, восстановить анатомическую форму и функцию разрушенного зуба [9].

Ортопедическая стоматология достигла значительных успехов в сохранении зубов при частичном или полном разрушении коронковой части. Предложено множество вариантов штифтовых зубов и штифтовых конструкций с искусственной культей. Достаточно часто используемой конструкцией при лечении пациентов с дефектами твердых тканей зубов и зубных рядов является штифтовая культевая вкладка с покрывной цельнолитой или металлокерамической коронкой. [5]. Для улучшения качества фиксации искусственных коронок, на культевых штифтовых вкладках формируют различные насечки, борозды и углубления. Однако процент осложнений остается высоким [12]. Функционирование зуба в полости рта сопряжено с постоянным воздействием на него динамических нагрузок, в связи с этим на результаты ортопедического лечения пациентов с дефектами твердых тканей депульпированных зубов, с их последующим использованием в качестве опорных, влияют не только показатели твердости минерализованных тканей зуба, но также вид ортопедической конструкции и способ подготовки корневого канала и оставшейся культи зуба [5]. Анализ литературы отдаленных результатов ортопедического лечения таких пациентов показывает, что расцементировка искусственных коронок, основного вида осложнений при низкой клинической коронке наблюдается в 38 % случаев [12].

В настоящее время вопросы усовершенствования технологии и сокращение времени изготовления культевой штифтовой вкладки на однокорневых зубах и в отдельности для каждого зуба являются актуальными и до конца не решенными, так как срок службы штифтовых конструкции зависит как от материала, так и от способа их изготовления [10].

Штифтовые культевые вкладки сохраняют за собой свою актуальность в современной ортопедической стоматологии при лечении зубов с полным разрушением коронковой части. По мнению многих авторов, металлические литые штифтовые культевые вкладки являются наиболее эффективным способом восстановления культи разрушенных зубов, обеспечивая стабильный и долгосрочный результат ортопедического лечения [7].

В этой связи нами разработан усовершенствованный способ изготовления культевой штифтовой вкладки для восстановления однокорневых зубов при декомпенсированной форме патологической стираемости.

Цель исследования — усовершенствование способа культевой штифтовой вкладки для восстановления однокорневых зубов.

Материалы и методы исследования

Нами был разработан и внедрен в практическую деятельность способ изготовления культевой штифтовой вкладки для восстановления однокорневых зубов и устройство для его реализации (Патент на изобретение №2749694 от 16.06.2021). Устройство для изготовления культевой штифтовой вкладки, которое предназначено для формирования восковой репродукции культевой штифтовой вкладки и состоит из пресс формы изготовленной в виде двух антагонирующих частей, которые имеют форму одной половины культевой штифтовой вкладки на каждой половине пресс формы, а при смыкании двух половин между собой формируют полноценную репродукцию культевой штифтовой вкладки. (рисунок 1).

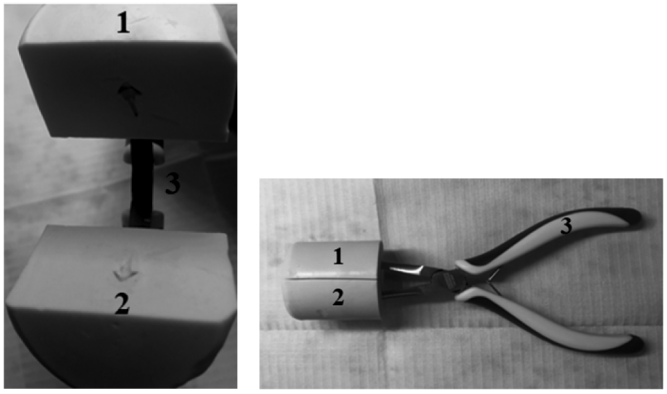


Рис. 1. Устройство для изготовления культевой штифтовой вкладки, где:
1 — верхняя часть контрформы для восковой репродукции культевой штифтовой вкладки; 2 — нижняя часть контрформы для восковой репродукции культевой штифтовой вкладки; 3 — круглогубцы или идентичное им устройство для смыкания или размыкания верхней и нижней контрформ соответственно

Контрформы изготавливали по экспериментальной модели культевых штифтовых вкладок. Для формирования экспериментальной модели культевой штифтовой вкладки использовали описанную стандартную форму, которая состоит из культевой, амортизирующей и коронковой части соответственно сегментарной принадлежности зуба. (для центральных, боковых резцов, клыков, премоляров). Параметры корней зубов, коронковой части определяли по размерам постоянных зубов по Бусыгину. (таблица 1).

Получили следующие параметры корней зубов, коронковой части:

для 1 — резцов верхней челюсти длина культевой части составила — 6 мм, аммортизирующей — 2 мм, корневой — 6 мм; для 1— резцов нижней челюсти длина культевой части составила — 5мм, аммортизирующей — 2 мм, корневой — 5 мм; для 2 — резцов верхней челюсти длина культевой части составила — 6 мм, аммортизирующей — 2 мм, корневой — 6 мм; для 2 — резцов нижней челюсти длина культевой части составила — 5 мм, аммортизирующей — 2 мм, корневой — 5 мм; для клыков верхней челюсти длина культевой части составила — 6 мм, аммортизирующей — 2 мм, корневой — 8 мм; для клыков нижней челюсти длина культевой части составила — 6 мм, аммортизирующей — 2 мм, корневой — 8 мм; для 4 — зубов верхней челюсти длина культевой части составила — 4 мм, аммортизирующей — 2 мм, корневой — 6 мм; для 4 — зубов нижней челюсти длина культевой части составила — 4 мм, аммортизирующей — 2 мм, корневой — 6 мм; для 5 — зубов верхней челюсти длина культевой части составила — 4 мм, аммортизирующей — 2 мм, корневой — 6 мм; для 5 — зубов нижней челюсти длина культевой части составила — 4 мм, аммортизирующей-2мм, корневой — 6 мм; для 6 — зубов верхней челюсти длина культевой части составила — 3 мм, аммортизирующей — 2 мм, корневой — 6 мм; для 6 — зубов нижней челюсти длина культевой части составила — 3мм, аммортизирующей — 2 мм, корневой — 6 мм; для 7— зубов верхней челюсти длина культевой части составила — 3 мм, аммортизирующей — 2 мм, корневой — 6 мм; для 7 — зубов нижней челюсти длина культевой части составила — 3 мм, аммортизирующей — 2 мм, корневой — 6 мм.

Применяли устройство для изготовления культевой штифтовой вкладки на практике. Для формирования полостей корня зуба под параметры экспериментальной модели культевой штифтовой вкладки проводили следующие этапы препарирования: сначала препарировали каждую полость под литую культевую штифтовую вкладку шаровидным бором №1, для расширения устья и доступа к запломбированным корневым каналам. Затем препарировали каждую полость под литую культевую штифтовую вкладку цилиндрическим бором для создания овальной амортизирующей зоны на культевой вкладке. Затем препарировали каждую полость под литую культевую штифтовую вкладку пламевидным бором. За счет этого создается конусная культевая внутриканальная часть, которая должна погружаться не менее чем на 2/3 от длины корневого канала.

После чего выполняли моделировку культевой штифтовой вкладки при помощи воска. Разогревали воск «ЛАВАКС» и помещали в устройство для создания репродукции культевой штифтовой вкладки. Удаляли излишки после затвердевания воска. (Рисунок 2).

Получали восковые репродукции культевых штифтовых вкладок, готовых к использованию. (Рисунок 3).

Затем припасовывали и индивидуализировали восковые репродукции культевых штифтовых вкладок, при необходимости, в полости рта. После чего отправляли в зуботехнические лаборатории для отливки из металла. Получали готовые прецизионные культевые штифтовые вкладки. (Рисунок 4).

Таблица 1.

Размеры постоянных зубов в мм. по Бусыгину А.Г.

	Верхние зубы				Нижние зубы			
	Длина			Диаметр	Длина			Диаметр
	Зуба	Коронки	Корни	Коронки	Зуба	Коронки	Корня	Коронки
1-е резцы	22.4	10.3	12.1	8.3	20.7	8.5	12.2	5.5
2-е резцы	21.7	9.4	12.3	6.5	22.1	9.2	12.9	5.8
Клыки	26.0	10.3	15.7	4.7	25.1	10.6	14.5	6.4
4-е зубы	20.6	7.5	13.1	6.7	21.6	7.6	14.0	6.7
5-е зубы	21.2	7.3	13.9	6.1	21.7	7.2	14.5	6.8
6-е зубы	20.7	6.7	14.0	10.1	21.1	6.4	14.7	11.1
7-е зубы	19.9	6.8	12.1	9.3	20.6	6.7	13.9	10.2

Рис. 2. Изготовление восковой репродукции культевой штифтовой вкладки с применением авторского устройства.

Рис. 3. Восковая репродукция культевой штифтовой вкладки, изготовленная с применением авторского устройства

Рис. 4. Готовая прецизионная культевая штифтовая вкладка, изготовленная с применением авторского устройства

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе применения на практике, разработанного нами способа изготовления культевой штифтовой вкладки для восстановления однокорневых зубов и устройство для его реализации на основе применения авторского устройства выявили его достоинства, а также определили недостатки общеизвестных прямых и косвенных методов изготовления культевых штифтовых вкладок.

Сравнили традиционные способы изготовления культевых штифтовых вкладок и предложенный нами способ.

Провели исследование по скорости изготовления восковых репродукций культевых штифтовых вкладок для центральных, боковых резцов, клыков, премоляров с использованием прямой и косвенной методики изготовления и методикой, усовершенствованной нами. Данные скорости изготовления восковой репродукции культевой штифтовой вкладки записаны в таблице №2.

Для математической обработки полученных данных использовали программу Excel 2016, результаты отобразили в виде диаграммы. (Рисунок 5).

Таблица 2.

Скорость изготовления восковой репродукции культевой штифтовой вкладки для центральных, боковых резцов, клыков, премоляров различными способами

Вид методики изготовления	Скорость изготовления восковой репродукции культевой штифтовой вкладки для однокорневых зубов в мин.			
	для центральных резцов	для боковых резцов	для клыков	для премоляров
Прямой метод	25	23	27	30
Косвенный метод	63	58	70	68
Усовершенствованный способ	3	5	5	6

На диаграмме наглядно отображено увеличение скорости моделирования восковой репродукции штифтовой культевой вкладки усовершенствованным нами способом.

Выводы

По результатам проведенного исследования можно подвести к тому, что применение разработанного устройства для изготовления цельнолитой культевой штифтовой вкладки позволяет значительно сократить время изготовления культевой штифтовой вкладки; обладает малой травматичностью; обеспечивает возможность формирования требуемой формы и размеров культевой штифтовой вкладки, характеризуя этим свою простоту и технологичность исполнения; не требует существенных материальных затрат.

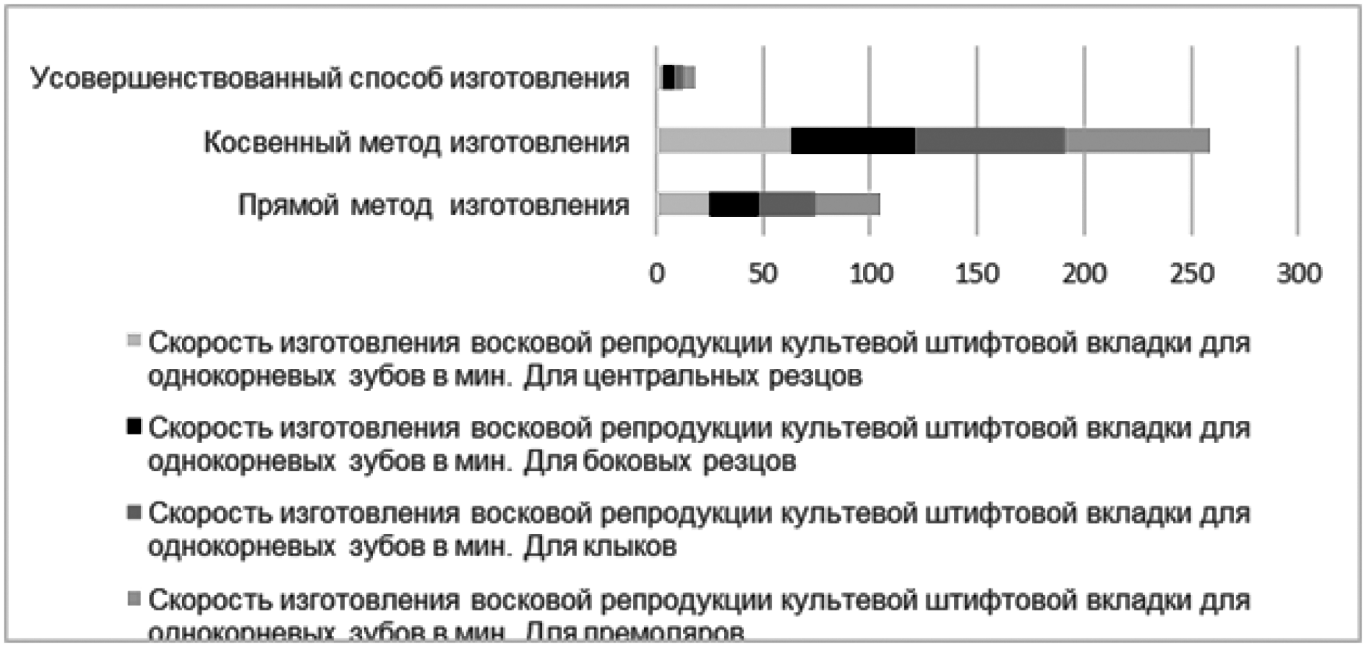


Рис. 5. Диаграмма — скорость изготовления восковой репродукции культевой штифтовой вкладки для центральных, боковых резцов, клыков, премоляров различными способами

Таким образом, полученные результаты демонстрируют высокую эффективность применения разработанного устройства для изготовления цельнолитой культевой штифтовой вкладки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аратсков Н.Р. Сравнительный анализ методов постэндодонтического восстановления культевой части зуба при ИРОПЗ более 0,8 под ортопедические конструкции // Молодежная наука и современность: материалы 87 Международной научной конференции студентов и молодых ученых: в 4 томах, Курск: Курский государственный медицинский университет, 2022. Т.2. С. 105–107.
2. Гариев И.Ю., Григорьева М.Ю. Сравнительная характеристика литых культевых штифтовых вкладок и штифтов в ортопедическом лечении // Научные исследования молодых ученых: Сборник статей VIII Международной научно-практической конференции. В 2-х частях. Пенза: «Наука и Просвещение» (ИП Гуляев Г.Ю.), 2020. Т. 1, С. 158–162.
3. Жолудев С.Е. Роль специальной подготовки полости рта к зубному протезированию у лиц с повышенной стираемостью твердых тканей зубов // Современные проблемы науки и образования, 2014. № 5. С. 496.
4. Кострицкий И.Ю., Мокренко Е.В., Иванов Р.А., Кудряшова Я.В. Изготовление культевых штифтовых вкладок. Анализ причины неудач и способы их устранения // Фундаментальная наука и технологии — перспективные разработки: материалы XII международной научно-практической конференции. North Charleston, USA: CreateSpace, 2017. С. 24–27.
5. Массарский И.Г., Массарская Н.Г., Аболмасов Н.Н., Аболмасова Е.В. Математическое моделирование и конечно-элементный анализ напряженно-деформированного состояния системы «зуб — штифтовая культевая вкладка — цельнолитая коронка» // Институт стоматологии. 2014. № 2(63). С. 95–97.
6. Нестеров, А.М., Садыков М.И., Сагиров М.Р. Анализ ортопедического лечения пациентов культевыми штифтовыми вкладками с искусственными коронками по данным архивных материалов крупной стоматологической поликлиники // The Scientific Heritage. 2021. № 76-1(76). С. 17–20. DOI 10.24412/9215-0365-2021-76-1-17-20.
7. Разаков, Д.Х., Арутюнов Э.И. Сравнительная характеристика применения циркониевых, металлических и комбинированных штифтовых культевых вкладок при лечении передней группы зубов верхней челюсти // Бюллетень медицинских интернет-конференций. 2019. Т. 9, № 7. С. 305.
8. Розалиева, Ю.Ю., Гооге Л.А., Тонаканян Л.Э. Сравнительный анализ подходов к изготовлению литых разборных штифтовых культевых вкладок //Вестник научных конференций. 2015. № 3-2(3). С. 122–123.
9. Фисюнов, А.Д., Рубникович С.П. Применение композитно-армированной культевой штифтовой вкладки при протезировании полного дефекта коронковой части зуба // Стоматология. Эстетика. Инновации. 2019. Т. 3, № 3. С. 292–302.
10. Пат.2749694 РФ, МПК A61C 13/30. Способ изготовления культевой штифтовой вкладки для восстановления однокорневых зубов и устройство для его реализации/ Р.Г. Хафизов, М.М. Романов, И.Р. Хафизов [и др.]; заявитель и патентообладатель. Каз.фед. ун-т. № 2020143180; заявл. 25.12.2020; опубл. 16.06.2021., Бюл. №17. 2 с.
11. Эртесян, А.Р. Изучение прочности соединения искусственной коронки зуба на новой культевой штифтовой вкладке (лабораторное исследование) //Аспирантский вестник Поволжья. 2015. № 1–2. С.191–196.
12. Эртесян А.Р., Садыков М.И., Нестеров А.М., Кирьянов И.С. Изучение прочности соединения искусственной коронки зуба на культевой штифтовой вкладке с винтовой фиксацией (лабораторное исследование) // Вестник стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. 2020. Т. 17, № 2. С. 31–34.

© Романов Максим Михайлович (rov.maks@mail.ru); Хафизов Ирек Раисович (khafozovirek@mail.ru); Хафизов Ильдар Раисович (ildar.226@mail.ru); Хафизов Раис Габбасович (implantstom@bk.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.34

ПРОТЕЗИРОВАНИЕ ПРИ ДЕКОМПЕНСИРОВАННОЙ ФОРМЕ ПАТОЛОГИЧЕСКОЙ СТИРАЕМОСТИ ЗУБОВ[1]

PROSTHETICS IN DECOMPENSATED FORM OF PATHOLOGICAL ABRASION OF TEETH[2]

M. Romanov
I. Khafizov
I. Khafizov
R. Khafizov
G. Safarova

Summary. Prosthetics in decompensated form of pathological abrasion of teeth is a complex, time-consuming task for dentists. This is due to the fact that along with a decrease in the height of the crown part, there is a decrease in the height of the lower third of the face, and therefore changes are possible in the temporomandibular joint.

In modern dentistry, methods of axiography and electromyography, «splint» therapy are actively used for the rehabilitation of patients with similar pathologies. A favorable result of treatment of such patients largely depends on the thoroughness of the examination and the planning of all stages of prosthetics. Careful diagnostics of the entire masticatory apparatus prior to prosthetics allows avoiding errors that lead to various complications (temporomandibular joint dysfunction, root fractures, chipped artificial ceramic crowns).

Keywords: axiography, pathological tooth wear, prosthetics.

Романов Максим Михайлович
Ассистент,
Казанский (Приволжский) федеральный университет
rov.maks@mail.ru
Хафизов Ирек Раисович
кандидат медицинских наук, доцент,
Казанский (Приволжский) федеральный университет
khafozovirek@mail.ru
Хафизов Ильдар Раисович
научный сотрудник,
Казанский (Приволжский) федеральный университет
ildar.226@mail.ru
Хафизов Раис Габбасович
доктор медицинский наук, профессор,
Казанский (Приволжский) федеральный университет
implantstom@bk.ru
Сафарова Гульназ Наилевна
врач медико-санитарной части,
Казанский (Приволжский) федеральный университет
safarova.gulnaz@list.ru

Аннотация. Протезирование при декомпенсированной форме патологической стираемости зубов является сложной, трудоемкой задачей для врачей стоматологов. Это обусловлено тем, что наряду со снижением высоты коронковой части происходит снижение высоты нижней трети лица, в связи с чем возможны изменения и в височно-нижнечелюстном суставе. В современной стоматологии для реабилитации пациентов с подобными патологиями активно применяются методы аксиографии и электромиографии, «сплинт» терапии. Благоприятный результат лечения таких пациентов во многом зависит от тщательности обследования и планировании проведения всех этапов протезирования. Тщательная диагностика всего жевательного аппарата до протезирования позволяет избежать ошибок, приводящих к различным осложнениям (дисфункция височно-нижнечелюстного сустава, переломы корней, сколы искусственных керамических коронок).

Ключевые слова: аксиография, патологическая стираемость зубов, протезирование.

Актуальность

Одной из актуальных проблем ортопедической стоматологии является проблема стоматологической ортопедической реабилитации больных с генерализованной формой повышенного стирания (ГФПС) твердых тканей зубов и профилактика возможного последующего развития дисфункции височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС). [1]

Определение характера и амплитуды движений нижней челюсти является важным индикатором окклюзионных нарушений, а также функциональных изменений в ВНЧС и в жевательных мышцах, поскольку патологические процессы, связанные с нарушениями артикуляционных соотношений зубов, нарушением функции височно-челюстных суставов и мышц жевательной группы имеют значительную распространенность среди общего количества людей. [2]

[1] Работа выполнена в инициативном порядке в рамках реализации Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (ПРИОРИТЕТ – 2030)

[2] The work was carried out on an initiative basis as part of the implementation of the Strategic Academic Leadership Program of Kazan (Volga Region) Federal University (PRIORITY – 2030)

Распространенность повышенного стирания зубов возрастает от 29,9 % в возрастной группе до 30 лет до 45 % и более в возрастной группе старше 50 лет (Л.В. Дубова, И.Ю. Лебеденко, 2016 г.) Изменения возникают во всех элементах зубочелюстной системы. Для мониторинга состояния зубочелюстной системы применяются клинические, рентгенологические и инструментальные методы обследования. Большую ценность выявления нарушений окклюзионных контактов и особенностей биомеханики ВНЧС демонстрирует компьютерная аксиография, с помощью которой можно судить о степени изменений во всех элементах зубочелюстной системы. [3,4]

Метод аксиографии (кондилографии) позволяет регистровать траекторию перемещения трансверсальной шарнирной оси ВНЧС при движениях нижней челюсти. Аксиограф — прибор для проведения метода и записи аксиограмм внеротовым способом в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. [5]

Метод аксиографии позволяет: документировать исходное состояние зубочелюстнолицевой системы, поставить диагноз до начала лечения, проводить динамическое наблюдение в процессе и после лечения; выяснить, почему после предварительного лечения мышечно-суставной дисфункции не получен желаемый результат; определить центральное соотношение челюстей. [6]

По данным ВОЗ около 40 % населения в возрасте от 20–50 лет страдают дисфункцией ВНЧС. Болезнь проявляется в виде данной неврологической клиники: головная боль, головокружение, щелчки и хруст сустава, гипертонус мышц, спазмы в области головы и шеи. На сегодняшний день диагностика данной патологии является одним из наиболее сложных вопросов в стоматологии и требует использования современных методов исследования для предупреждения ошибок в выборе методов лечения, оценке прогнозов при лечении пациентов с патологией височно-нижнечелюстного сустава. Ценную информацию о морфофункциональных нарушениях предоставляет компьютерная аксиография, воспроизводящая на компьютерном дисплее фазы движения нижней челюсти. [7]

По способам получения и записи информации, системы для проведения аксиографических исследований можно разделить на механические, электромеханические, ультразвуковые и оптикоэлектронные. Все они позволяют проводить диагностику и планирование лечения (Slavicek R., 1988; Ahlersa M.O. et al., 2015). [8]

Изменения артикуляции нижней челюсти в большинстве случаев возникают из-за нарушения целостности зубных рядов и патологии прикуса. Однако нередко пациенты обращаются за стоматологической помощью в связи с проблемами, вызванными внутренними нарушениями височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС) с изменениями положения и движений суставного диска. В работах как отечественных, так и зарубежных исследователей предлагаются различные классификации внутренних нарушений ВНЧС, что обусловливает некоторые сложности как в диагностике, так и в лечении данной патологии. [9].

В недавних исследованиях отечественных и зарубежных авторов подчеркнута целесообразность применения регистрации движений нижней челюсти для диагностики дисфункции ВНЧС. По данным О.И. Арсениной и соавт., с помощью метода электронной аксиографии возможно воспроизведение на дисплее траектории суставного пути в режиме онлайн. [10].

Клинический случай. Пациентка Р., возраст — 48 лет. Обратилась с жалобами на снижение высоты коронковой части зубов, нарушение жевания, речи, эстетическую неудовлетворенность.

Рис. 1. Исходное состояние полости рта пациентки Р (ОПТГ снимок)

Внешний осмотр: лицо симметричное, кожные покровы физиологической окраски, регионарные лимфатические узлы не увеличены, открывание рта свободное.

Осмотр полости рта: слизистая оболочка полости рта бледно-розового цвета, без видимых патологических изменений.

Прикус: не фиксированный.

Зубная формула:

R	П	R	0	П	С						0	0	П	0	0
8	**7**	**6**	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
8	**7**	**6**	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
0	0	П	П	П	С	Р				Р	Р	0	П	0	0

— Зуб 1.8 — корень, подлежит удалению.

— Зуб 1.7 — зубное выдвижение, шейка оголена, наклонен латерально и мезиально, ранее лечен по поводу осложненного кариеса, жевательная поверхность стерта примерно на 30 %.

— Зуб 1.4 — зубное выдвижение, шейка оголена, имеется клиновидный дефект, наклонен небно, ранее лечен по поводу осложненного кариеса, жевательная поверхность стерта примерно на 30 %.
— Зуб 1.3 — зубное выдвижение, шейка оголена, имеется клиновидный дефект, режущая поверхность стерта примерно на 30 %.
— Зуб 1.2 — наклонен медиально, режущая поверхность стерта примерно на 30 %.
— Зуб 1.1 — наклонен медиально, режущая поверхность стерта примерно на 30 %.
— Зуб 2.1 — наклонен медиально, режущая поверхность стерта примерно на 30 %.
— Зуб 2.2 — наклонен вестибулолатерально, режущая поверхность стерта примерно на 30 %.
— Зуб 2.3 — наклонен латерально, режущая поверхность стерта примерно на 30 %.
— Зуб 2.6 — зубное выдвижение, шейка оголена, наклонен мезиально-щечно, ранее лечен по поводу осложненного кариеса, жевательная поверхность стерта примерно на 30 %.
— Зуб 3.6 — зубное выдвижение, шейка оголена, наклонен мезиально-язычно, ранее лечен по поводу кариеса, жевательная поверхность стерта примерно на 30%.
— Зуб 3.4 — зубное выдвижение, шейка оголена, наклонен латерально, язычно, ранее лечен по поводу осложненного кариеса, жевательная поверхность стерта примерно на 30 %.
— Зуб 3.3 — зубное выдвижение, шейка оголена, наклонен латерально,вестибулярно, развернут по центральной оси, расположен вне зубной дуги, ранее не лечен, режущая поверхность стерта примерно на 30 %.
— Зуб 3.2 — зубное выдвижение, шейка оголена, наклонен язычно, расположен вне зубной дуги, ранее не лечен, режущая поверхность стерта примерно на 30 %.
— Зуб 3.1 — зубное выдвижение, шейка оголена, наклонен вестибулярно, расположен вне зубной дуги, ранее не лечен, режущая поверхность стерта примерно на 30 %.
— Зуб 4.1 — зубное выдвижение, шейка оголена, наклонен латерально. ранее не лечен, режущая поверхность стерта примерно на 30 %.
— Зуб 4.2 — зубное выдвижение, шейка оголена, наклонен латерально, язычно, ранее лечен по поводу осложненного кариеса, пришеечный циркулярный кариес, режущая поверхность стерта примерно на 30 %.
— Зуб 4.3 — зубное выдвижение, шейка оголена, наклонен латерально, развернут по центральной оси, расположен вне зубной дуги, ранее лечен по поводу осложненного кариеса. режущая поверхность стерта примерно на 30 %.
— Зуб 4.4 — зубное выдвижение, шейка оголена, пришеечный кариес, наклонен язычно, ранее лечен по поводу осложненного кариеса, жевательная поверхность стерта примерно на 30 %.
— Зуб 4.5 — зубное выдвижение, шейка оголена, пришеечный кариес, наклонен вестибулярно, ранее лечен по поводу осложненного кариеса, жевательная поверхность стерта примерно на 30 %.
— Зуб 4.6 — зубное выдвижение, шейка оголена, наклонен мезиально— язычно, ранее лечен по поводу осложненного кариеса. Жевательная поверхность стерта примерно на 30 %.

На основании данных анамнеза и анализа субъективных, объективных и дополнительных методов исследований поставлен диагноз:
— на нижней челюсти (К 08.01, К 03.0 по МКБ-10) частичное отсутствие зубов, повышенное стирание зубов; 3-й класс по Кеннеди.
— на верхней челюсти (К 08.1, К 03.0 по МКБ 10) частичное отсутствие зубов, повышенное стирание зубов,3-й класс по Кеннеди.

План лечения: Пациентке были предложены различные варианты лечения по поводу протезирования, пациентка выбрала и дала письменное согласие на следующий план лечения:
1. Провести санацию полости рта (удалить несостоятельные корни зубов, провести эндодонтическое лечение зубов).
2. Провести препарирование 1.7–2.6; 3.6–4.6 зубов.
3. Изготовить цельноциркониевые коронки фрезерованные в полную анатомическую форму по CAD-CAM технологии на верхней челюсти с опорой на зубы 1.7–2.6,3.6–4.6 культи опорных зубов восстановить с применением литых культевых штифтовых вкладок из Никелида Титана (с памятью формы). Высоту прикуса и центральное соотношение определить с применением аксиографа.
4. Изготовить цельноциркониевые коронки фрезерованные в полную анатомическую форму по CAD-CAM технологии на нижней челюсти с опорой на зубы 3.6–4.6., культи опорных зубов восстановить с применением литых культевых штифтовых вкладок из Никелида Титана (с памятью формы). Высоту прикуса и центральное соотношение определить с применением аксиографа.

Реализация плана лечения

Лечение было проведено в течение 3 месяцев и включало следующие этапы:

I. Диагностика с целью восстановления дефектов зубных рядов при частичном отсутствии зубов с примене-

нием литых штифтовых культевых вкладок: а) диагностика с целью определения показаний и противопоказаний к протезированию; б) диагностика с целью определения показаний и противопоказаний к изготовлению циркониевых ортопедических конструкций с опорами на зубах: снятие оттиска с верхней и нижней челюсти; регистрация прикуса; отливка диагностических моделей челюстей; определение центральной окклюзии, цвета и формы зубов; перевод цифровой формат диагностических моделей по отдельности и в прикусе посредством сканирования лабораторным 3D сканером; цифровое моделирование улыбки (Digital Smile Design) для наглядного отражения пациенту результата лечения до его начала, а также для последующего изготовления временных коронок на ортопедическом этапе лечения; проведение аксиографии; коррекция центральной окклюзии по результатам аксиографии; передача результатов аксиографии в виртуальный артикулятор; изготовление миорелаксационной каппы по CAD-CAM методике; ношение каппы пациентом в течение 2-х недель.

II. Терапевтический этап:

Эндодонтическое лечение зубов 1.7, 1.4, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 2.6, 3.6, 3.4, 3.3, 3.2, 3.1, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, используемых в качестве опоры цельноцирко-ниевых мостовидных конструкций в течение последующих 2-х недель, продолжение ношения каппы.

Рис. 2. ОПТГ снимок после эндодонтического лечения зубов

III.Хирургический этап:

Удаление корней зубов 1.6;1.8; продолжение ношения каппы в течение последующего месяца в период заживления лунок удаленных корней зубов 1.6;1.8.

IV. Ортопедический этап изготовления ортопедических каркасных конструкций с опорой на зубы: 1.7, 1.4, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 2.6, 3.6, 3.4, 3.3, 3.2, 3.1, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6:

Препарирование под литые культевые штифтовые вкладки, изготовление литых культевых штифтовых вкладок, фиксация литых культевых штифтовых вкладок, препарирование под цельноцирокниевые коронки. Сняты оттиски, отлиты модели, которые загипсованы в артикулятор, модели отсканированы на лабораторном сканере, настройка виртуального артикулятора проведена по результатам аксиографии; проведена предварительная постановка зубов в программе Exocad, изготовление временных коронок посредством печати на 3D принтере, фиксация временных коронок, проведение аксиографии с зафиксированными в полости рта, временными коронками; корректировка настроек виртуального артикулятора по результатам аксиографии для последующего изготовления прецизионных цельноциркониевых коронок посредством фрезерования; изготовление цельноциркониевых коронок посредством фрезерования по CAD-CAM методике , фиксация цельноциркониевых коронок. (рисунки 3–8).

Заключение

В результате лечения данной пациентки с применением цифровых технологий нам удалось избежать ряда клинических и технологических осложнений. Благодаря тщательному обследованию и планированию проведения всех этапов протезирования, применению метода аксиографии и «сплинт» терапии нам удалось получить предсказуемый результат. Стоит заметить, что негативных последствий в виде сколов керамики, щелчков и дискомфорта в височно-нижнечелюстном суставе и во всем зубочелюстном аппарате в целом у данной пациентки на профилактических осмотрах в течении последующих трех лет после протезирования не наблюдалось.

Выводы

Таким образом, проведение исследования по оценке и применению аксиографических показателей на этапах лечения по поводу восстановления утраченной анатомической и функциональной полноценности зубов при декомпенсированной форме патологической стираемости доказывает эффективность метода аксиографии. Изготовление конструкций на основе показателей аксиографии способствует достижению функционального и эстетического оптимума.

Рис. 3. Вид на моделях: отлитые культевые штифтовые вкладки

Рис. 4. Процесс сканирования моделей челюстей лабораторным сканером Up 3D

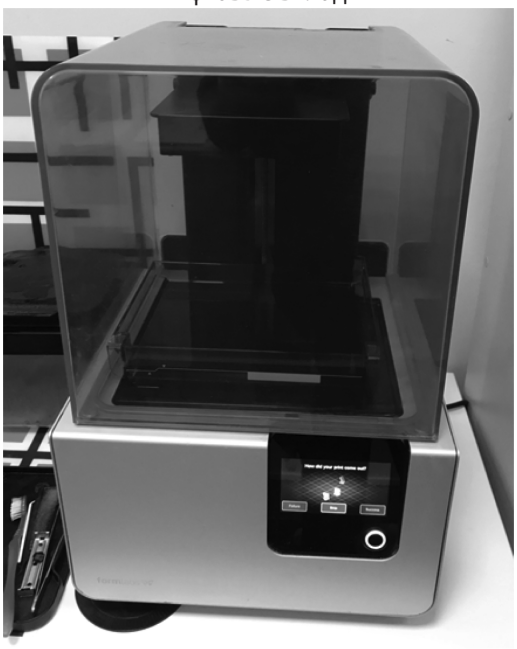


Рис. 5. Процесс печати временных коронок на 3D принтере Formlabs Form 3

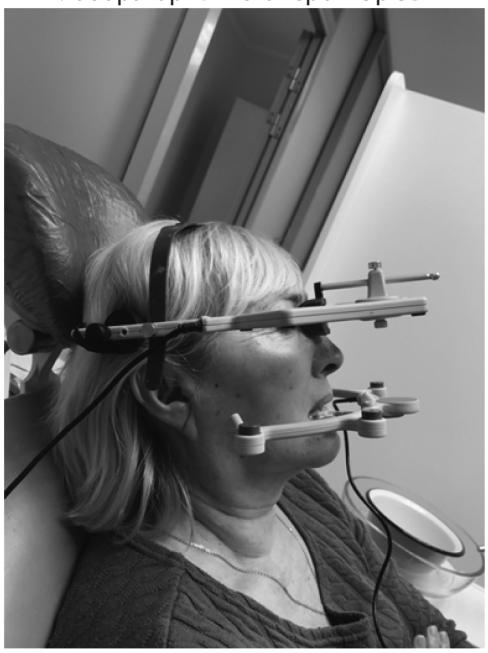


Рис. 6. Проведение аксиографии пациентки Р.

Рис. 7. Вид в полости рта: временные коронки, изготовленные методом печати на 3D принтере, зафиксированы на культи зубов, отсепарированных под цельноциркониевые коронки

Рис. 8. Вид в полости рта: зафиксированные на цемент цельноциркониевые коронки на верхней и нижней челюсти

ЛИТЕРАТУРА

1. Калинин, Ю.А. Изучение движений нижней челюсти с помощью электронной аксиографии у пациентов с генерализованным повышенным стиранием зубов / Ю.А. Калинин, Д.М. Бекметова // Dental Forum. — 2011. — № 3. — С. 60–61. — EDN NUCTDH.
2. Чуева А.А. Методика компьюерной внеротовой аксиографии / А.А. Чуева, В.В. Чуев, И.П. Рыжова [и др.] // Стоматология славянских государств: Сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции, Белгород, 08–12 ноября 2021 года. — Белгород: Издательский дом «Белгород», 2021. — С. 323. — EDN IBIFHI.
3. Стариков Н.А. Изменения некоторых показателей аксиографии у пациентов с повышенным стиранием зубов в процессе Splint-терапии / N.A. Starikov, E.L. Strekalova, G.B. Babunashvili, L.N. Halkecheva // Stomatology. — 2016. — Vol. 95, No. 6–2. — P. 97–98. — EDN XWREOT.
4. Гус Л.А. Возможности компьютерной аксиографии и электромиографии в ранней диагностике анатомо-функциональных расстройств у пациентов с дистальной окклюзией зубных рядов / Л.А. Гус, О.И. Арсенина, Н.В. Попова, А.В. Попова // Инновации в отраслях народного хозяйства, как фактор решения социально-экономических проблем современности: сборник докладов и материалов VI Международной научно-практической конференции, Москва, 09–10 декабря 2016 года / АНО ВО «Институт непрерывного образования». — Москва: Негосударственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Институт непрерывного образования», 2016. — С. 181–190. — EDN YFLIRJ.
5. Косых, Б.А. Использование метода аксиографии в диагностике заболеваний височно-нижнечелюстного сустава / Б.А. Косых, П.М. Ежицкий // Бюллетень медицинских интернет-конференций. — 2019. — Т. 9, № 7. — С. 300. — EDN SZXONF.
6. Мурадян, Э.Н. Перспективы применения аксиографии в стоматологии / Э.Н. Мурадян // Международный студенческий научный вестник. — 2016. — № 2. — С. 11. — EDN WZFIIV.
7. Алиев, Х.И. Значение электронной аксиографии в диагностике пациентов с дисфункцией ВНЧС и эксцентрическими смещениями суставных дисков / Х.И. Алиев // Dental Forum. — 2012. — № 3. — С. 13–14. — EDN OYCRJD.
8. Истомина Е.В. Технологии получения аксиографических данных / Е.В. Истомина, Н.А. Цаликова, М.Г. Гришкина, Х.А. Аллер //. — 2016. — № 4. — С. 37. — EDN WZKRJB.
9. Шиквадзэ Т.В. Correction of Internal Disorders of the Temporomandibular Joint Using Muscle Relaxation Splints Made with CAD/CAM Technologies / T.V. Chkhikvadze, V.V. Bekreev, E.M. Roshchin [et al.] // Modern Technologies in Medicine. — 2019. — Vol. 11, No. 3. — P. 111–116. — DOI 10.17691/stm2019.11.3.15. — EDN KFXJYB.
10. Найданова И.С. Возможности современных технологий в диагностике функциональных нарушений височно-нижнечелюстного сустава (обзор литературы) / И.С. Найданова, Ю.Л. Писаревский, А.Г. Шаповалов, И.Ю. Писаревский // Проблемы стоматологии. — 2018. — Т. 14, № 4. — С. 6–13. — DOI 10.18481/2077-7566-2018-14-4-6-13. — EDN VRJMEL.

© Романов Максим Михайлович (rov.maks@mail.ru); Хафизов Ирек Раисович (khafozovirek@mail.ru);
Хафизов Ильдар Раисович (ildar.226@mail.ru); Хафизов Раис Габбасович (implantstom@bk.ru); Сафарова Гульназ Наилевна (safarova.gulnaz@list.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.35

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СМЕННОЙ АБРАЗИВНОЙ НАСАДКИ НА КЮРЕТУ ГРЕСИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ХРОНИЧЕСКОГО ГЕНЕРАЛИЗОВАННОГО ПАРОДОНТИТА СРЕДНЕЙ СТЕПЕНИ ТЯЖЕСТИ: КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

THE EXPERIENCE OF USING A REPLACEABLE ABRASIVE NOZZLE ON THE GRECY CURETTE IN THE RESTORATION OF INFLAMMATORY PERIODONTAL DISEASES: A DEVELOPING CASE

R. Romanova
I. Kuriaev
L. Zyulkina

Summary. Periodontitis is a biofilm-associated inflammatory inflammation of the periodontium, in which the microbial component of its initiation mainly receives chronic periodontitis (CP) and aggressive periodontitis (AgP). The aggressive form of periodontitis (AgP) develops due to its rapid progression, identification of signs, familial signs, and thinness of the subgingival biofilm. Early diagnosis and the presence of the beginning of treatment of periodontitis allow you to get good results. This article describes a clinical case of the treatment of aggressive periodontitis using a replaceable abrasive nozzle on the Grecy curette. Follow-up for 12 months shows an improvement in clinical and radiological parameters without recurrence.

Keywords: periodontology, periodontium, aggressive periodontitis, Grecy's curette, root smoothing.

Романова Рината Олеговна
Аспирант, Пензенский государственный университет
rinatka.96@mail.ru
Куряев Ислам Ильясович
Аспирант, Пензенский государственный университет
Зюлькина Лариса Алексеевна
Д.м.н., доцент,
Пензенский государственный университет

Аннотация. Пародонтит — это биопленочно-ассоциированное воспалительное заболевание пародонта, при котором микробный компонент способствует его инициации, в основном включающий хронический пародонтит (CP) и агрессивный пародонтит (AgP). Агрессивная форма пародонтита (AgP) считается отдельным заболеванием из-за его быстрого прогрессирования, расположения поражения, семейных тенденций и тонкости поддесневой биопленки. Ранняя диагностика и своевременное начало лечения пародонтита позволяет получить хорошие результаты. Приводится описание клинического случая лечения агрессивного пародонтита с использованием сменной абразивной насадки на кюрету Греси. Наблюдение в течение 12 месяцев показывает улучшение клинических и рентгенологических параметров без случаев рецидива.

Ключевые слова: пародонтология, пародонт, агрессивный пародонтит, кюрета Греси, сглаживание поверхности корня.

Пародонтит является сложным, мультифакторным заболеванием, которое может быть классифицировано как два основных типа, хронический периодонтит (CP) и агрессивный периодонтит (AgP), среди других подклассов в классификации заболеваний и состояний пародонта 1999 года. [1]

Разрушение тканей пародонта происходит в результате сложного взаимодействия бактериальной биопленки и реакции хозяина, а также под влиянием генетических, системных и экологических факторов. AgP, ранее известный как ювенильный периодонтит (JP) или ранний периодонтит (EOP), встречается в более молодой возрастной группе (≤35 лет) и связан с быстрым разрушением пародонтального прикрепления и альвеолярной кости.

По данным эпидемиологических исследований, проводимых по всему миру, агрессивный пародонтит встречается в 10–17 % всех случаев. [2,3]

В некоторых регионах РФ и СНГ частота встречаемости агрессивных форм пародонтита у пациентов в возрасте до 35 лет колеблется от 1,5 до 10 %. [4]

Ранняя диагностика и лечение на начальных этапах критически важно в терапии агрессивного пародонтита. [5] Варианты лечения зубов с глубокими пародонтальными карманами и атрофией альвеолярной кости могут быть хирургическими или консервативными, в зависимости от тяжести вовлеченного процесса.

Удаление над- и поддесневой биопленки и кальцифицированных зубных отложений считается базовым лечением заболеваний пародонта, вызванных зубным налетом. [6]

Помимо снятия зубных отложений важно обеспечить гладкую биосовместимую поверхность корня. [6,7]

Для этих целей в современной стоматологии применяется большое количество полировочных щёточек,

резиновых головок, пародонтологических боров, штрипсов. Данные отечественных и зарубежных литературных источников, посвященных вопросам лечения воспалительных заболеваний пародонта путем инструментальной обработки поверхности корней, убеждают в том, что в настоящее время не существует девайсов, которые позволяют хорошо сгладить поверхность корня даже в самых труднодоступных участках. [8, 9]

В данной статье на примере клинического случая демонстрируется опыт применения сменной абразивной насадки на кюрету Греси (патент RU 205049 U1, 2021 г.) при лечении агрессивной формы генерализованного пародонтита.

Клинический случай

05.02.22 г. в клинику обратился пациент К., 30 лет, с жалобами на кровоточивость десен при чистке зубов, изменение формы десны, неприятный запах изо рта, что, со слов пациента, затрудняло общение с окружающими (рис. 1). При сборе анамнеза выяснилось, что кровоточивость десен началась с 16–17-летнего возраста, которой пациент не придавала особого значения. До этого с целью санации полости рта пациент к докторам не обращался.

Рис. 1. Состояние тканей пародонта на момент обращения

Объективно: лицо симметрично, кожные покровы физиологической окраски, регионарные лифоузлы не пальпируются, безболезненные. Функция ВНЧС в полном объеме.

Локально: слизистая оболочка полости рта бледно-розовая, увлажнена, преддверие полости рта, уздечки без особенностей. На верхней челюсти отсутствуют зубы 1.8, 2.8, имеется диастема в области центральных резцов, а также тремы из-за отсутствия зубов 1.2, 2.2. На нижней челюсти отсутствуют зубы 3.6, 4.6, 3.8, 4.8. Прикус дистальный. Дёсны гиперемированы, отёчны, кровоточат при зондировании с незначительным серозно-гнойным отделяемым. Глубина пародонтальных карманов от 4 до 9 мм (по результатам компьютерной диагностики Florida Probe) (рис. 2). Гигиена полости рта неудовлетворительная. Выявлено большое количество над— и поддесневого зубного камня, налет. Подвижность зубов 1.1, 1.2, 2.1, 2.2 — I степени (по классификации патологической подвижности зубов по Д.А. Энтину, 1954). Перкуссия отрицательная. Индекс зубного налета по Силнесс-Лое — 2,3. Индекс кровоточивости Мюллеманна — 3. Пациент чистит зубы не регулярно, дополнительные средства гигиены не использует.

На рентгенограмме выявлены очаги остеопороза вершин межзубных перегородок, а также снижение высоты межальвеолярных перегородки на 1/3 длины корня (рис. 3).

Основываясь на вышеуказанных клинических и рентгенологических результатах, был поставлен диагноз по классификации МКБ-10: К05.31 хронический генерализованный пародонтит; К00.00 частичная вторичная адентия.

Протокол лечения пациента осуществляли в соответствии с клиническими рекомендациями (протоколы лечения) при диагнозе пародонтит. [10]

Первый этап терапии — изменение привычек пациента путем мотивации для успешного удаления наддесневой биопленки и контроль факторов риска.

На первом этапе комплексного лечения проводилось:

- — профессиональная гигиена рта с использованием ультразвукового аппарата NSK Varios 970, Japan (насадка G6, режим «G», мощность — 8 из 10);
- — обучение индивидуальной гигиене полости рта, подбор дополнительных средств гигиены, контролируемая чистка зубов;
- — санация полости рта — лечение кариозных дефектов, устранение и минимизация ретенционных пунктов;
- — создание благоприятных условий для осуществления качественной индивидуальной гигиены.

Второй шаг терапии — направлен на контроль/уменьшение поддесневой биопленки и камня путем поддесневой инструментации.

На втором этапе комплексного лечения проводилось:

- — закрытый кюретаж пародонтальных карманов при помощи универсальных кюрет и зоноспецифических кюрет Греси (Deppeler, Switzerland);
- — финишная обработка полирования поверхности корня при помощи сменной абразивной насадкой на кюрету Греси (патент RU 205049 U1, 2021 г.) (Рис. 4). Сменная насадка фиксировалась на кюрету и под углом 90 градусов к поверхности корня кюретой выполнялись плавные, скользящие

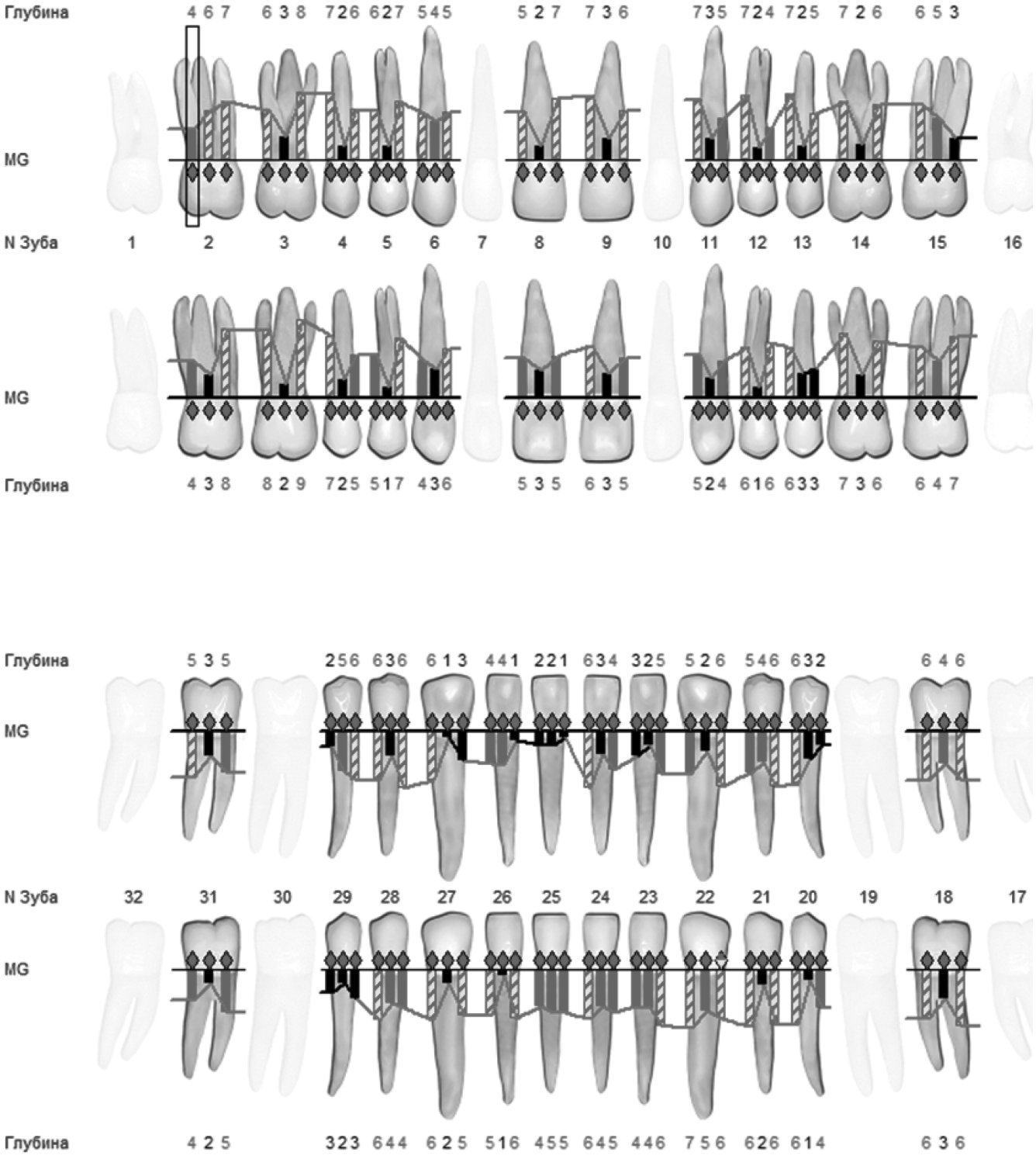


Рис. 2. Результат диагностики Florida Probe на момент обращения

движения с легким нажимом на зуб. На язычной и вестибулярной поверхностях движения были косыми, на проксимальных — вертикальными. Для более качественной обработки поверхностей корней использовались последовательно все степени абразивности от грубой до супертонкой.

Обработка корня, проводившаяся с системой увеличения × 3,5, прекращалась, как только исследуемая поверхность казалась гладкой и чистой по визуальной и тактильной оценке с помощью пародонтального зонда Explorer.

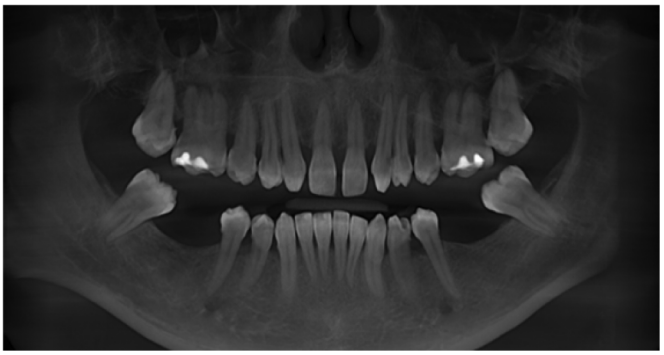


Рис. 3. КЛКТ на момент обращения в клинику

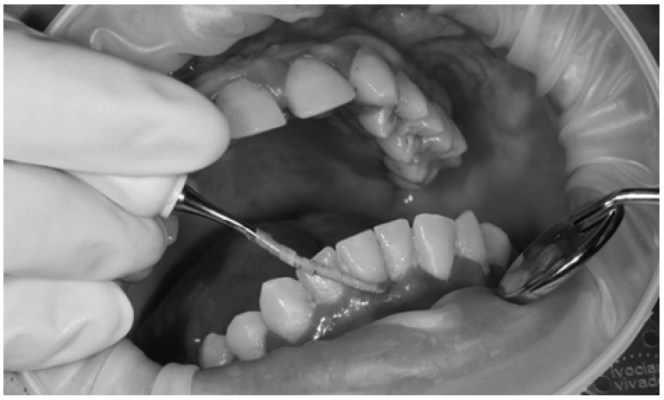


Рис. 4. Сглаживание поверхности корня с помощью сменной абразивной насадки на кюрету Греси

Пациенту рекомендовалось домашнее использование хлоргексидина биглюконата 0,05% в виде ротовых ванночек: 3 раза в день по 30 секунд после еды в течение 7–10 дней. После второго этапа лечения пациенту был назначен контрольный осмотр через 7 дней, 14 дней, месяц и оценка заживления тканей пародонта через 3 месяца. В эти же посещения проводилась оценка и коррекция навыков самостоятельной гигиены при необходимости.

По результатам повторной диагностики Florida Probe мы получили стабилизацию процесса (рис.5). Десна приобрела бледно-розовый цвет. Средняя глубина пародонтальных карманов составляла 4 мм, участки кровоточивости составляли не более 10%. Индекс зубного налета по Силнесс-Лое — 0,7. Индекс кровоточивости Мюллеманна — 1. По совокупным данным рентгенограммы через 12 месяцев после проведенного лечения отмечалась положительная динамика состояния костных структур пародонта, свидетельствующая о снижении активности воспалительно-деструктивного процесса.

Это позволило перевести пациента на поддерживающее пародонтологическое лечение, на этапах которого проводился активный мониторинг и профессиональные гигиены каждые 3 месяца. При этом рецидивов заболевания за 12 месяцев не наблюдалось.

Стоит отметить, что данный пациент имел высокую комплаентность к лечению, строго соблюдал все рекомендации специалистов и являлся на все контрольные осмотры.

Через 12 месяцев после комплексного лечения и активного мониторинга на ППЛ у пациента отмечалась стабилизация процесса:

— пациент не испытывал трудностей при проведении индивидуальной гигиены, приеме пищи и общении;
— маргинальный край десны стал бледно-розового цвета, кровоточивость составляла не более 10 %;
— отсутствовал неприятный запах изо рта;
— не наблюдалось признаков прогрессирования деструкции костной ткани альвеолярных отростков в области зубов на верхней и нижней челюстях по данным КЛКТ.

Заключение

Предложенный вариант лечения воспалительных заболеваний пародонта при помощи сменной абразивной насадки на кюрету Греси оказался действенным, удобным в исполнении, финансово посильным и эффективным.

Среди клинических критериев эффективности обработки поверхности корня нами анализировались: 1) степень повреждения мягких тканей пародонта непосредственно после обработки поверхности корня; 2) гладкость поверхности корня с помощью пуговчатого пародонтального зонда. В более короткие сроки улучшились клинические показатели. Постоперационный период у пациента протекал гладко, пациент отмечал уменьшение боли на второй день, на третий день исчезли гиперемия и отечность десны. Технический результат достигается тем, что при применении данной насадки на кюрету Греси процедура поддесневой инструментации становится менее инвазивной (травматичной), а поверхность корня более гладкой.

Помимо этого, успех и продолжительность результата лечения агрессивных форм пародонтита во многом зависят от ранней диагностики заболевания, планирования комплексного лечения и мотивации пациента.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии явного или потенциального конфликта интересов, связанного с публикацией статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

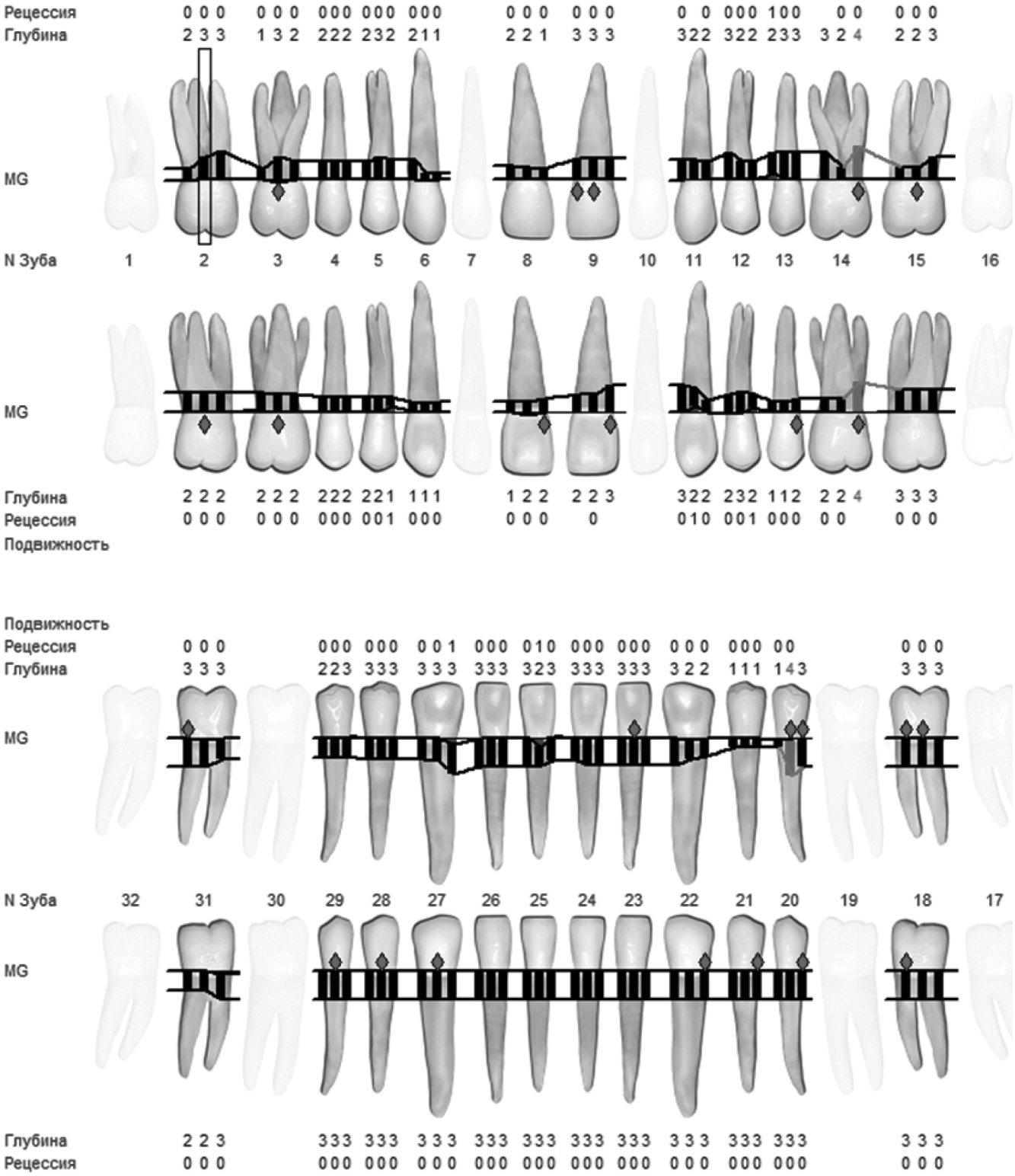


Рис. 5. Результат диагностики Florida Probe через 3 месяца после лечения

ЛИТЕРАТУРА

1. Llanos AH, Silva CGB, Ichimura KT, Rebeis ES, Giudicissi M, Romano MM, Saraiva L. Влияние агрессивного пародонтита и хронического пародонтита на качество жизни, связанное со здоровьем полости рта. Braz Oral Res. 2018;32:e006. doi: 10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0006. Epub 2018 Фев 8. PMID: 29451591.
2. Kinane DF, Stathopoulou PG, Papapanou PN. Periodontal diseases. Nat Rev Dis Primers. 2017 Jun;3:17038. https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.38 https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.38
3. Kulkarni C, Kinane DF. Host response in aggressive periodontitis. Periodontol 2000. 2014 Jun;65(1):79–91. https://doi.org/10.1111/prd.12017 https://doi.org/10.1111/prd.12017
4. Леонова Е.В., Абрамова Н.Е., Туманова С.А., Пастухова А.С. Научно-практический журнал Институт Стоматологии №1 (78), апрель 2018, стр. 34-36.
5. Chaurasia PD, Chandrashekara Rao DP, Bhowmik E. Various Treatment Modalities in Aggressive Periodontitis. Contemp Clin Dent. 2019 Oct-Dec;10(4):672–675. doi: 10.4103/ccd.ccd_156_19. PMID: 32792829; PMCID: PMC7390414.
6. Murakami S., MiliBL, Mariotti A, Chapple ILC. Dental Plaque Caused by Dental PlaqueGum Disease.J Periodontol. 2018;89(Appendix 1):C17-C27.https://doi.org/10.1002/JPER.17-0095
7. Sanz, M., Baumer, A., Buduneli, N., Dommisch, H., Farina, R., Kononen, E., … Winkel, E. (2015). Effect of professional mechanical plaque removal on secondary prevention of periodontitis and the complications of gingival and periodontal preventive measures: Consensus report of group 4 of the 11th European Workshop on Periodontology on effective prevention of periodontal and peri-implant diseases. Journal of Clinical Periodontology, 42(Suppl 16), S214–220. https://doi.org/10.1111/jcpe.12367
8. Jana A, Chakraborty A, Pal TK, Datta S. Profilometric analysis of root surfaces after using various polishing agents. J Indian Soc Periodontol. 2016 Jan-Feb;20(1):22-7. doi: 10.4103/0972-124X.168485. PMID: 27041833; PMCID: PMC4795128.
9. Xing R, Lyngstadaas SP, Ellingsen JE, Taxt-Lamolle S, Haugen HJ. The influence of surface nanoroughness, texture and chemistry of TiZr implant abutment on oral biofilm accumulation. Clin Oral Implants Res. 2015;26:649–56.
10. Sanz, M, Herrera, D, Kebschull, M, et al; On behalf of the EFP Workshop Participants and Methodological Consultants. Treatment of stage I–III periodontitis—The EFP S3 level clinical practice guideline. J Clin Periodontol. 2020; 47: 4–60. https://doi.org/10.1111/jcpe.13290

© Романова Рината Олеговна (rinatka.96@mail.ru); Куряев Ислам Ильясович; Зюлькина Лариса Алексеевна
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.36

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК: ПИЩЕВОГО КОЛЛАГЕНА И ОМЕГА-3 НА РЕГЕНЕРАТИВНЫЕ СПОСОБНОСТИ КОСТНОЙ ТКАНИ У ПАЦИЕНТОВ В КЛИНИКЕ ХИРУРГИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ

Семёнова Юлия Александровна
кандидат медицинских наук, главный врач ООО «ИРИС См» Центра челюстно-лицевой и дентальной имплантологии «I.R.I.S.»; доцент, СГМУ
juliya_semenova@bk.ru
Семёнова Татьяна Алексеевна
руководитель ООО «ИРИС См» Центра челюстно-лицевой и дентальной имплантологии «I.R.I.S.»
smolbel@mail.ru

THE EFFECT OF DIETARY SUPPLEMENTS: FOOD COLLAGEN AND OMEGA-3 ON THE REGENERATIVE CAPACITY OF BONE TISSUE IN PATIENTS IN THE CLINIC OF SURGICAL DENTISTRY

Yu. Semyonova
T. Semyonova

Summary. One of the main issues that need to be addressed in modern dental implantology is the need to optimize the reparative processes of the oral mucosa and alveolar bone tissue, which can increase the prognosis of the number of successful surgical interventions, avoid unwanted postoperative complications and additional surgical interventions. Promising in this direction is the analysis of the possibilities of using biologically active food supplements, the consumption of which would reduce the possible risks of dental implantation and increase the effectiveness of the manipulations performed. The biologically active food supplement Omega-3 PUFA used in this study is characterized by properties such as stimulation of the synthesis of collagen fibers and anti-inflammatory activity; food collagen, in turn, is a natural component of connective tissue, has the ability to activate the hemostasis system and induce osteogenesis. According to the results of the study, in all patients with a diagnosis of generalized periodontitis with the threat of tooth loss, who took dietary collagen and Omega-3 PUFAs as biologically active food supplements, after multiple tooth extraction with direct dental implantation followed by immediate functional loading, there was a lack of complications in the bone tissue and oral mucosa in the postoperative period, which allows us to consider the possibility of prescribing food collagen and Omega-3 PUFAs to optimize the processes of bone tissue healing in the process of osseointegration of dental implants in the recovery period of dental patients. Based on the results obtained by clinical specialists of the Center for Maxillofacial and Dental Implantology «I.R.I.S.» practical recommendations were developed for the management of dental patients in the postoperative period; in addition, the results were introduced into the clinical protocols for managing patients of the Center for Maxillofacial and Dental Implantology «I.R.I.S.» and in the educational process of the Department of Propaedeutic Dentistry of the Smolensk State Medical University of the Ministry of Health of Russia.

Keywords: direct dental implantation, regenerative processes of bone tissue, postoperative complications, food collagen, Omega-3.

Аннотация. Одним из основных вопросов, требующих решения в современной стоматологической имплантологии, является необходимость оптимизации репаративных процессов слизистой оболочки полости рта и альвеолярной костной ткани, позволяющих увеличить прогноз числа успешных оперативных вмешательств, избежать нежелательных послеоперационных осложнений и дополнительных хирургических вмешательств. Перспективным в данном направлении является анализ возможностей применения биологически активных добавок к пище, потребление которых позволило бы снизить возможные риски дентальной имплантации и увеличить эффективность выполняемых манипуляций. Используемая в настоящем исследовании биологически активная добавка к пище Омега-3 ПНЖК характеризуется такими свойствами, как стимуляция синтеза коллагеновых волокон и противовоспалительная активность; пищевой коллаген, в свою очередь, является природным компонентом соединительной ткани, обладает способностью активации системы гемостаза и индуцирует остеогенез. По результатам выполненного исследования у всех пациентов с диагнозом генерализованный пародонтит с угрозой потери зубов, принимавших в качестве биологически активных добавок к пище пищевой коллаген и Омега-3 ПНЖК, после операции множественного удаления зубов с непосредственной дентальной имплантацией с последующей немедленной функциональной нагрузкой, было отмечено отсутствие осложнений со стороны костной ткани и слизистой оболочки полости рта в послеоперационном периоде, что позволяет рассматривать возможность назначения пищевого коллагена и Омега-3 ПНЖК для оптимизации процессов заживления костной ткани в процессе остеоинтеграции дентальных имплантатов в восстановительном периоде стоматологических больных. На основе полученных результатов клиническими специалистами Центра челюстно-лицевой и дентальной имплантологии «I.R.I.S.» были разработаны практические рекомендации по ведению стоматологических больных в послеоперационном периоде; кроме того, результаты были внедрены в клинические протоколы ведения больных Центра челюстно-лицевой и дентальной имплантологии «I.R.I.S.» и в образовательный процесс кафедры пропедевтической стоматологии ФГБОУ ВО Смоленского государственного медицинского университета Минздрава России.

Ключевые слова: непосредственная дентальная имплантация, регенеративные процессы костной ткани, послеоперационные осложнения, пищевой коллаген, Омега-3.

В настоящее время при восстановлении утраченных зубов с применением дентальных имплантатов одним из основных аспектов, требующих пристального внимания в научно-практических исследованиях стоматологической науки, является вопрос регенерации тканей ротовой полости после их травматизации вследствие выполнения хирургических вмешательств. Возможность оптимизации процессов заживления костной ткани и слизистой оболочки ротовой полости позволяет увеличить ее регенеративный потенциал и, тем самым, избежать нежелательных послеоперационных осложнений и дополнительных хирургических вмешательств [2, 3].

В современной стоматологии существует ряд исследований в области поиска оптимального остеопластического материала, позволяющего минимизировать нежелательные последствия хирургического вмешательства, а также способствовать восстановлению структуры и функций костных тканей у пациентов после процедуры дентальной имплантации, активно развиваются нанотехнологии в отношении создания наноматериалов с желаемыми свойствами [1, 5, 14, 15]. В то же время, практически отсутствуют исследования в отношении применения биологически активных добавок, способствующих оптимизации регенеративных способностей костной ткани и слизистой полости рта, применение которых позволило бы дополнительно снизить возможные риски дентальной имплантации и увеличить эффективность выполняемых манипуляций. Так, существуют отдельные исследования, посвященные, в частности, изучению роли витамина С в заживлении ран после установления дентальных имплантатов. Согласно полученным результатам, использование добавок витамина С в послеоперационный период после имплантации зубов улучшало заживление тканей ротовой полости [16]. В некоторых других исследованиях анализируются перспективы использования аппликаций пародонта и мягких тканей с использованием фибрина, обогащенного тромбоцитами [18], использование аутоплазмы [7]. Возможности исследования новых, доступных к применению и использованию подходов, позволяющих оптимизировать процессы регенерации костной ткани после операции дентальной имплантации, позволяют значительно расширить возможности имплантологической помощи в хирургической стоматологии. В качестве таких доступных к применению биологически активных добавок в настоящем исследовании проанализированы возможности применения пищевого коллагена и Омега-3.

Коллаген рассматривается как перспективный конструкционный биоматериал, широко используемый в виде коллагеновой матрицы в имплантационной хирургии для увеличения объема мягких тканей [12]. В организме коллаген участвует в формировании структур межклеточного матрикса и базальных мембран, обеспечивая тканям прочность. Являясь природным компонентом соединительной ткани, коллаген обладает такими свойствами, как полная биологическая совместимость, иммунологическая инертность, он активирует гемостаз и способен увеличивать толщину поврежденных тканей при взаимодействии с ними [4, 9]. Регенеративные свойства коллагена активно применяются в области хирургической стоматологии [6, 10, 11]. Омега-3 жирные кислоты, в свою очередь, известны своими регенеративными свойствами и противовоспалительной активностью: в качестве компонентов фосфолипидов они участвуют в формировании клеточных мембран, используются в организме для образования эйкозаноидов — медиаторов воспаления, снижающих воспалительную активность. Кроме того, омега-3 жирные кислоты являются предшественниками мощных биологически активных и противовоспалительных липидов, молекулы которых оказывают направленное действие на сигнальные пути для более успешного разрешения реакции воспаления [8, 13, 17].

Материалы и методы исследования

В период времени за 2021–2022 гг. на базе Центра челюстно-лицевой и дентальной имплантологии «I.R.I.S.» было проведено обследование и комплексное лечение 144 пациента с диагнозом генерализованный пародонтит с угрозой потери зубов, частичное отсутствие зубов верхней и нижней челюсти, осложненное вертикальным дефицитом костной ткани в дистальных отделах альвеолярного отростка верхней челюсти.

Предоперационное обследование пациентов включало стоматологическое интервью, клинический осмотр, скрининговую рентгенографию и лабораторные исследование крови.

В условиях анестезиологического пособия выполняли оперативные вмешательства: множественное удаление зубов верхней и нижней челюсти, двусторонний синус-лифтинг с реконструкцией альвеолярного отростка верхней челюсти, непосредственную дентальную имплантацию на системе ЛИКО-М (IRIS Evolution) с последующей немедленной функциональной нагрузкой.

В период последующей реабилитации пациенты получили рекомендации по режиму питания, индивидуальной гигиены рта и речепластики, при этом, в качестве дополнительных приемов пищи, был назначен прием биологически активных добавок ОМЕГА-3 ПНЖК и пищевого гидролизата коллагена ПЕРВЫЙ ЖИВОЙ КОЛЛАГЕН для стимуляции процессов репаративной регенерации тканей и повышения уровня иммунитета.

Впоследствии, спустя 6 месяцев после хирургического вмешательства, всем пациентам было выполнено рациональное ортопедическое протезирование на уста-

новленных дентальных имплантатах. Осложнений со стороны костной ткани и слизистой оболочки рта ни в одном из клинических случаев в послеоперационном периоде не наблюдалось.

Клинический случай

Пациент Ф., 74 года, обратился в Центр челюстно-лицевой и дентальной имплантологии «I.R.I.S.» с жалобами на подвижность зубов верхней и нижней челюсти, боли в области зубов и слизистой оболочки рта во время приема пищи, на затрудненное пережевывание пищи, косметический дефект, нарушение речевой функции и снижение качества жизни.

Пациент был расспрошен и обследован, составлен комплексный план лечения и реабилитации. Проведена предоперационная профессиональная гигиена рта.

На основании данных клинических и аппаратных методов исследования пациенту поставлен диагноз генерализованный пародонтит с угрозой потери зубов, частичное отсутствие зубов верхней и нижней челюсти, осложненное вертикальным дефицитом костной ткани в дистальных отделах альвеолярного отростка верхней челюсти (на рисунке 1 представлены результаты рентгенологического исследования пациента Ф. непосредственно перед выполнением оперативного вмешательства).

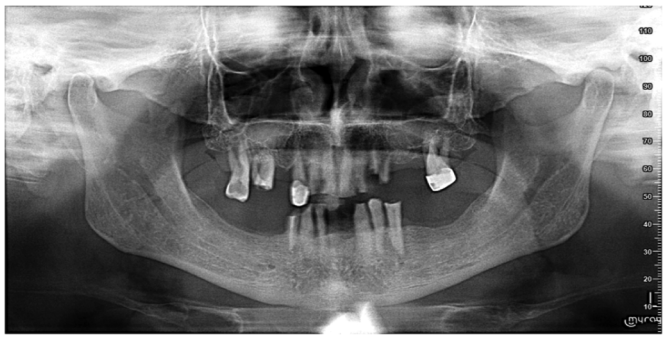


Рис. 1. Рентгенологическое исследование пациента Ф. до операции

В условиях анестезиологического пособия выполнено оперативное вмешательство: удаление зубов 1.1, 1.2, 1.3, 1.5, 1.6, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.7, 3.3, 3.4, 3.5, 4.2, 4.3, 4.4; двусторонний синус-лифтинг с реконструкцией альвеолярного отростка верхней челюсти с одномоментной дентальной имплантацией в позиции 1.7 и 2.7 зубов, непосредственная дентальная имплантация на уровне отсутствующих зубов 1.4, 1.2, 2.2, 2.4, 3.2, 3.4, 3.6, 4.2, 4.4, 4.6 на системе ЛИКО-М (IRIS Evolution) с последующей немедленной функциональной нагрузкой (рисунки 2, 3).

Пациент наблюдался амбулаторно, в условиях дневного стационара внутривенно получал противовоспалительную, антибактериальную и десенсибилизирующую терапию по схеме.

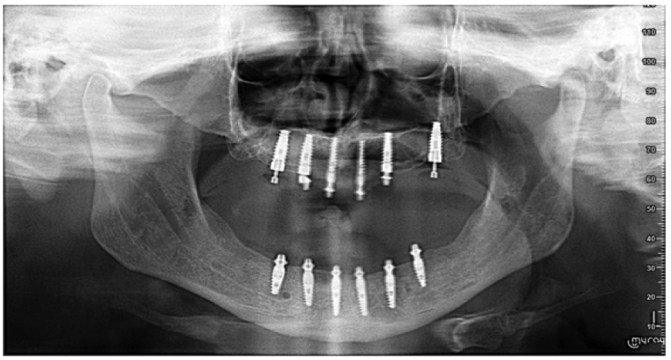


Рис. 2. Рентгенологическое исследование пациента Ф. после операции

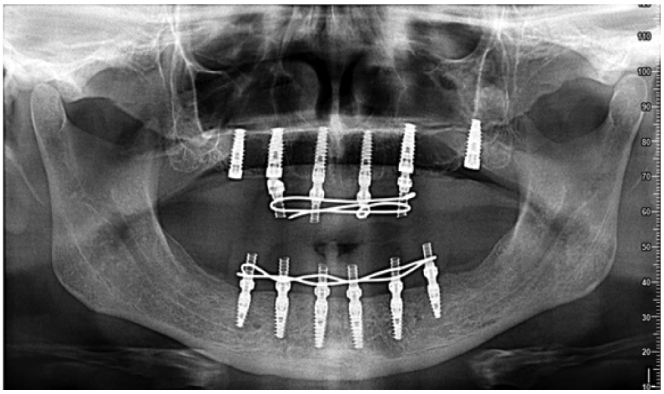


Рис. 3. Рентгенологическое исследование пациента Ф. после немедленной функциональной нагрузки

В период реабилитации были даны рекомендации по пищевому поведению, режиму индивидуальной гигиены рта и речепластике.

Назначен пероральный прием биологически активных добавок ОМЕГА-3 ПНЖК и пищевого гидролизата коллагена ПЕРВЫЙ ЖИВОЙ КОЛЛАГЕН для стимуляции процессов репаративной регенерации тканей и повышения уровня иммунитета.

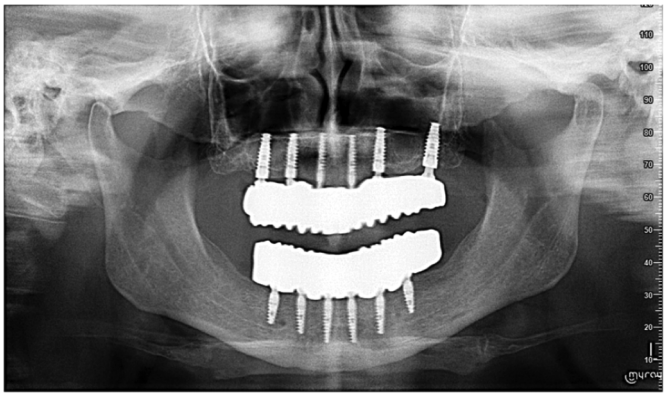


Рис. 4. Рентгенологическое исследование пациента Ф. после постоянного протезирования

Схема:
— ОМЕГА-3 ПНЖК (ЭПК+ДГК суммарно 3500 мг) — дробно с пищей 3–4 раза в сутки, в течение 6 месяцев;
— Пищевой гидролизат коллагена ПЕРВЫЙ ЖИВОЙ КОЛЛАГЕН — 1 столовую ложку добавлять в первый прием пищи, в течение первых 3 месяцев.

Через 6 месяцев пациенту было выполнено рациональное ортопедическое протезирование на установленных дентальных имплантатах (рисунок 4). Осложнения со стороны костной ткани и слизистой оболочки рта отсутствовали.

Заключение

По результатам клинических данных можно отметить, что назначение в качестве биологически активных добавок к пище пищевого коллагена и Омега-3 ПНЖК оказывает благоприятное действие на репаративные процессы слизистой оболочки ротовой полости и альвеолярной костной ткани, позволяя снизить возможные осложнения непосредственной дентальной имплантации с немедленной функциональной нагрузкой. Выбор препаратов обоснован в виду их активности в отношении стимулирования репаративных и противовоспалительных процессов в различных тканях организма.

Таким образом, прием биологически активных добавок ОМЕГА-3 и пищевого гидролизата коллагена ПЕРВЫЙ ЖИВОЙ КОЛЛАГЕН положительно влияет на процессы репаративной регенерации, происходящие в костной ткани в послеоперационном периоде, оптимизируя заживление тканей в восстановительном периоде стоматологических больных для успешной остеоинтеграции дентальных имплантатов.

По результатам выполненного исследования были разработаны практические рекомендации. Результаты внедрены в клинические протоколы ведения больных Центра челюстно-лицевой и дентальной имплантологии «I.R.I.S.» и в образовательный процесс кафедры пропедевтической стоматологии ФГБОУ ВО Смоленского государственного медицинского университета Минздрава России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абраамян К.Д., Базикян Э.А., Чунихин А.А. Изучение влияния новых биоинженерных конструкций на основе наноматериалов на остеорепаративные процессы в костной ткани в экспериментальном исследовании // Научный авангард : Сборник статей IV Научно-практической конференции и Межвузовской олимпиады ординаторов и аспирантов, Москва, 19–20 мая 2022 года. — Москва: Государственный научный центр Российской Федерации. 2022;69–72.
2. Абраамян К.Д., Базикян Э.А., Чунихин А.А., Клиновская А.С. Перспективы применения биоинженерных конструкций на основе наноматериалов в хирургической стоматологии. Российская стоматология. 2022;15(1):25–26. DOI 10.17116/rosstomat20221501125
3. Азарова О.А., Азарова Е.А., Харитонов Д.Ю., Подопригора А.В., Шевченко Л.В. Современные аспекты применения остеопластических материалов в хирургической стоматологии. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. 2019;42(2):215–223.
4. Борзых О.Б., Шнаидер Н.А., Карпова Е.И., Петрова М.М., Демина О.М., Насырова Р.Ф. Синтез коллагена в коже, его функциональные и структурные особенности. медицинский вестник Северного Кавказа. 2021;16(4):443–450.
5. Галиев К.Ф., Габдуллин Т.С., Мамметгулыева М.Г., Корнилов А.Г. Обзор современных остеопластических материалов. Приднестровский научный вестник. 2022;4(3):23–25.
6. Долгалев А.А., Зеленский В.А., Трубушкина Е.М., Бойко Е.М., Дотдаева К.Р., Аванисян В.М. Исследование репарации костной ткани с использованием рентгеновской микротомографии при искусственно созданных дефектах передней стенки верхнечелюстной пазухи в эксперименте. Главный врач Юга России. 2021;3(78):10–13.
7. Дубчак М.А. Применение плазмы, обогащенной факторами роста, в хирургической стоматологии. 2019; Международный студенческий научный вестник. 2019;5-2:68.
8. Куликов В.А., Гребенников И.Н. Резольвины, протектины и марезины — новые медиаторы воспаления. Вестник ВГМУ. 2012;11:25–30.
9. Мецуку И., Мураев А.А., Гажва Ю.В., Ивашкевич С.Г. Сравнительная характеристика различного типа барьерных мембран, используемых для направленной костной регенерации в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. Российский стоматологический журнал. 2017;21(5):291–296.
10. Патшина М.В., Ворошилин Р.А., Осинцев А.М. Анализ мирового рынка биоматериалов с целью определения потенциальных возможностей сырья животного происхождения. Техника и технология пищевых производств. 2021;51(2):270–289.
11. Храмова Н.В., Цеомашко Н.Е. Оптимизация регенерации глубоких дефектов мягких тканей на основе клеток соединительной ткани (экспериментальное исследование). Universum: медицина и фармакология. 2021;7-8(79):22–26.
12. Adzhieva A.B., Voronov I.A., Ivanov S.S., Nalchajyan N.M. Optiminization of regeneration at the stages of soft tissue augmentation using a collagen matrix. Эндодонтия Today. 2021;19(4):317–319. https://doi.org/10.36377/1683-2981-2021-19-4-317–319
13. Da Silva R.V., Oliveira J.T., dos Santos B.L.R., Dias F.C., Martinez A.M.B., Lima C.K.F., Miranda A.L.P. Long-chain Omega-3 fatty acids supplementation accelerates nerve regeneration and prevents neuropathic pain behavior in mice. Frontiers in pharmacology. 2017. DOI:10.3389/fphar.2017.00723
14. Giron J., Baldin E.K., Medeiros T. Biomaterials for bone regeneration: an orthopedic and dentistry overview. Brazilian journal of medical and biological research. 2021;54(9). DOI:10.1590/1414-431x2021e11055
15. Haugen H.J., Basu P., Sukul M., Mano J.F., Reseland J.E. Injectable biomaterials for dental tissue regeneration. International journal of molecular sciences. 2020;21:3442. http://dx.doi.org/10.3390/ijms21103442

16. Li X., Tang L., Lin Y.F., Xie G.F. Role of vitamin C in wound healing after dental implant surgery in patients treated with bone grafts and patients with chronic periodontitis. Clinical Implant Dentistry and Related Research. 2018;20(30). DOI:10.1111/cid.12647
17. Omega-3 fatty acids. Fact sheet for health professionals. National Institutes of Health. Office of dietary supplements. 2023. https://ods.od.nih.gov/factsheets/Omega3FattyAcids-HealthProfessional/
18. Strauss F.J., Stahli A., Gruber R. The use of platelet-rich fibrin to enhance the outcomes of implant therapy: a systematic review. Clin Oral Implants Res. 2018;29(18):6–19. doi: 10.1111/clr.13275

© Семёнова Юлия Александровна (juliya_semenova@bk.ru); Семёнова Татьяна Алексеевна (smolbel@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.38

МИОКАРДИАЛЬНЫЕ МЫШЕЧНЫЕ МОСТИКИ: ПАТОФИЗИОЛОГИЯ, МЕХАНИЗМЫ РАЗВИТИЯ АТЕРОСКЛЕРОЗА, СОВРЕМЕННАЯ ТАКТИКА ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

MYOCARDIAL MUSCLE BRIDGES: PATHOPHYSIOLOGY, MECHANISMS OF ATHEROSCLEROSIS DEVELOPMENT, MODERN TACTICS OF DIAGNOSIS AND TREATMENT (LITERATURE REVIEW)

O. Starodubov
O. Efremova
N. Obolonkova
A. Maslennikov

Summary: This review article focuses on the features of pathophysiology, mechanisms of atherosclerosis development in patients with myocardial bridges, as well as currently available methods of diagnosis and treatment of this category of patients. The clinical significance of the presence of myocardial bridges in patients has been the subject of controversy for several decades due to an incomplete understanding of pathophysiology. Modern research methods have helped clarify why signs of ischemia occur in patients with this anomaly, especially when the only angiographic finding is systolic compression of the coronary artery. Interventional or surgical treatment should be performed in patients refractory to conservative therapy with a proven role of the myocardial bridge on the development of myocardial ischemia.

Keywords: myocardial bridge, coronary artery disease, atherosclerosis, coronary angiography, intravascular ultrasound, intravascular optical coherence tomography, coronary stenting, percutaneous coronary intervention.

Стародубов Олег Дмитриевич
старший преподаватель, Белгородский государственный национальный исследовательский университет; врач по РЭДиЛ ОГБУЗ «Белгородская областная клиническая больница Святителя Иоасафа»
starodubov@bsu.edu.ru
Ефремова Ольга Алексеевна
д.м.н., профессор, Белгородский государственный национальный исследовательский университет
efremova@bsu.edu.ru
Оболонкова Наталья Ивановна
к.м.н., доцент, Белгородский государственный национальный исследовательский университет
obolonkova@bsu.edu.ru
Масленников Андрей Анатольевич
к.м.н., доцент, Белгородский государственный национальный исследовательский университет
maslennikov@bsu.edu.ru

Аннотация. В этой обзорной статье основное внимание уделяется особенностям патофизиологии, механизмам развития атеросклероза у пациентов с миокардиальными мышечными мостиками, а также доступным в настоящее время методам диагностики и лечения данной категории больных. Клиническое значение наличия миокардиальных мостиков у больных было предметом споров в течение нескольких десятилетий ввиду неполного понимания патофизиологии. Современные методы исследования помогли прояснить, почему признаки ишемии возникают у пациентов с данной аномалией, особенно когда единственной ангиографической находкой является систолическая компрессия коронарной артерии. Интервенционное или хирургическое лечение необходимо проводить у пациентов рефрактерных к консервативной терапии с доказанной ролью миокардиального мышечного мостика на развитие ишемии миокарда.

Ключевые слова: миокардиальный мышечный мостик, ишемическая болезнь сердца, атеросклероз, коронарография, внутрисосудистое ультразвуковое исследование, внутрисосудистая оптическая когерентная томография, коронарное стентирование, чрескожное коронарное вмешательство.

Введение

Заболевания сердечно-сосудистой системы заболевания (ЗСС) являются основной причиной преждевременной смертности и инвалидизации лиц различного возраста населения разных стран [1]. В Российской Федерации ЗСС структуре смертности занимают лидирующую позицию (46,9 %) [2]. Уровень смертности в мире от ЗСС в последние годы значительно снизился. Тем не менее, ИБС остаётся одной из ведущих причин смертности у взрослых [4].

Атеросклероз в большинстве случаев является одним из морфологических субстратов ИБС [5]. Атеросклероз — хроническое полигенное сосудистое заболевание, проявляющееся хроническим очаговым поражением артерий крупного и среднего калибра, в результате накопления атерогенных липопротеидов

низкой и очень низкой плотности в интиме артерий. Структурно-клеточные изменения приводят к разрастанию соединительной ткани с последующим формированием липидно-фиброзных бляшек в артериальном сосуде, тем самым уменьшая просвет и снижая кровоток [6].

Образование тромба в просвете коронарной артерии происходит при разрыве фиброзной покрышки атеросклеротической бляшки, что ведет к внезапному прекращению кровотока и сопровождается развитием инфаркта миокарда [7].

Уровень проявления клинической симптоматики определяется степенью поражения атеросклерозом венечных артерий и выраженностью механизмов компенсации. Вместе с тем отсутствие клинических симптомов не всегда указывает на малую степень поражения коронаросклерозом [8].

Фактором, увеличивающими риск прогрессирования стенокардии, развития инфаркта миокарда, нарушения сердечного ритма и внезапной коронарной смерти у больных различного возраста, является наличие в коронарном русле миокардиального мышечного мостика (МММ) [9–12]. Выявляются пациенты, у которых по данным коронароангиографии (КАГ) в симптом-связанном сосудистом русле помимо атеросклеротической бляшки определяются дистально расположенные стенозу аномалии венечных артерий — миокардиальные мышечные мостики (МММ) или эктазии коронарных артерий (ЭКА).

В настоящее время по данным мировой литературы все больше исследуются пациенты, как с изолированным МММ, так и с сопутствующим атеросклеротическим поражением [13–15].

Патофизиология и распространенность МММ

В норме венечные артерии окружены рыхлой соединительной тканью и имеют субэпикардиальное расположение, что обеспечивает непрерывность кровотока в систолу и диастолу. Аномалии коронарных артерий, при которой венечные артерии расположены на определенном участке в толще миокарда — называют миокардиальными мышечными мостиками. В научной литературе можно найти разнообразные варианты названий этой врожденной аномалии сосудов: «туннелированная артерия», «интрамуральный ход коронарной артерии», «мышечный мост» или «мышечная перемычка» (Рис. 1).

Впервые МММ, как излишне развитую мышечную ткань вокруг сегмента коронарной артерии, был обнаружен на аутопсии произведенной H.C. Reyman в 1737 году. Сосуд был назван ныряющей (туннелированной) артерией [16]. В 1960 году W.C. Portmann впервые обнаружил данный феномен на ангиограммах КАГ [17]. Среди взрослой популяции населения «мышечные мостики» встречаются у каждого третьего человека. Патологоанатомические исследования показали, что МММ могут быть обнаружены в 5–85 % случаев [18,19]. Частота выявления МММ по данным КАГ составляет 0,5–4,9 % [20–22].

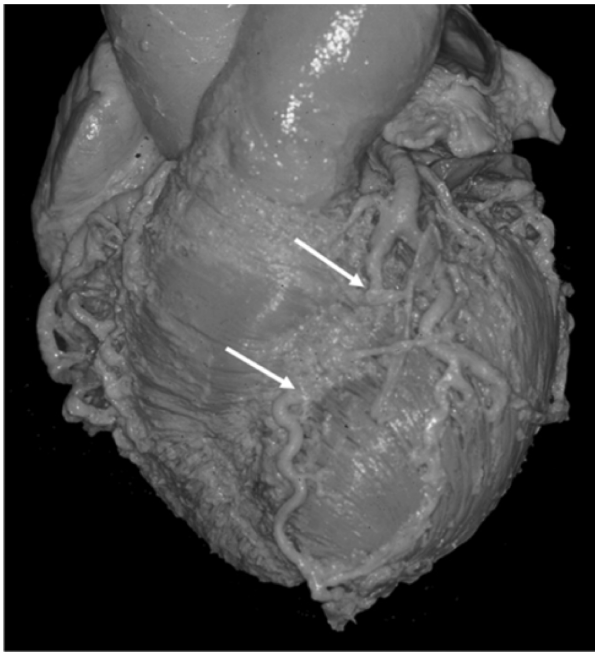


Рис. 1. Макроскопическое изображение сердца после удаления эпикардиальной жировой ткани. Между двумя стрелками находится миокардиальный мышечный мостик в среднем сегменте левой передней нисходящей коронарной артерии (ПНА)

По классификации разработанной A.G.Ferreira et al. выделяют поверхностные и глубокие МММ. Поверхностные МММ (в большинстве случаев), охватывают до 75 % окружности коронарных артерий, фиксируя сосуды в коронарных бороздах, расположенные на глубине не более 1,5 мм. Глубокие МММ образованы миокардиальным слоем желудочков, венечные артерии находятся в самой сердечной мышце. Толщина ММ может варьировать в диапазоне от 1,5 мм до 3 см, что может приводить к нарушению кровотока в коронарной артерии под МММ в систолу [23]. Данные произведенных аутопсий и КТ-коронарограмм указали на преимущественную локализацию аномалии в средней трети передней нисходящей артерии (ПНА). Расположение МММ над диагональной ветвью ПНА или ветвью тупого края огибающей артерии встречается в 18 % и 40 % случаев, соответственно. В редких случаях (в 5,7 %) туннелированный ход могут иметь ветви правой венечной артерии [24,25].

Механизмы развития атеросклероза у пациентов с МММ

По данным современной мировой литературы все чаще изучаются проблемы пациентов с МММ, как в изо-

лированном варианте, так и в сочетании с атеросклерозом венечных артерий.

Вопрос о том, имеются ли прямая зависимость между интрамуральным ходом венечной артерии и поражением ее стенки атеросклерозом является дискуссионным. В ряде научных публикаций опровергается влияние МММ на появление атеросклеротических процессов в соседних ему сегментах коронарных артерий [26, 27]. Напротив, H. Duygu и соавт. [28] считают, что МММ стимулирует развитие коронаросклероза, тем самым способствует, усиливая изменения в стенке сосуда сегмента, расположенного проксимально относительно миокардиального мышечного мостика. Подобные выводы можно сделать согласно данным произведенных аутопсий и внутрисосудистого ультразвукового исследования коронарных артерий [29, 30]. При этом в самом туннелированном сегменте коронарной артерии проявления атеросклероза отсутствуют, либо они могут быть менее выраженными [31].

По данным исследования произведенного Schunkert у 86–90 % пациентов имеется стенозирование коронарной артерии перед туннелированным сегменом [32]. Автор выдвигает предположение о том, что расположенная в слое миокарда венечная артерия является предрасполагающим фактором для развития атеросклеротических изменений сосуда проксимальнее данного сегмента. Несколько патоморфологических исследований подтвердили, что в участке сосуда, располагающегося перед туннелированным сегментом, имеет место поражение атеросклерозом, тогда как в самом туннелированном участке аналогичные изменения отсутствуют [33, 34]. T. Nakaura с соавт. [35] считают, что мышечный мостик является независимым фактором риска коронаросклероза. Вместе с тем L. Jiang с соавт. [36] рассматривают наличие данной аномалии защитным механизмом от гемодинамически выраженного атеросклероза во всех коронарных артериях.

Известно, что гемодинамический фактор является главенствующим в инициации атерогенеза в венечной артерии, расположенной под мышечным мостиком [37,38]. Наряду с этим атеросклеротические изменения в коронарной артерии зависят от протяженности и толщины МММ. По данным исследования Corban MT, Hung OY в сегменте венечной артерии перед МММ атеросклеротические изменения стенки сосуда обнаруживаются в 98 % случаев, при этом сегмент, который расположен под МММ никогда не подвергается атеросклеротическим изменениям, так как, по их мнению, в стенке сосуда отсутствовали гладкие мышечные клетки синтетического типа, которым отводится главная роль в формирования атеросклеротической бляшки. В сегменте артерии после выхода из-под МММ атеросклероз обнаруживаются только в 2 % случаев [39].

Предрасположенность проксимального сегмента к формированию атеросклеротических бляшек обусловлена особенностями кровотока данной области, а именно снижением напряжения сдвига сосудистой стенки, что приводит к ряду изменений внутренней оболочки артерии и, как следствие, эндотелиальной дисфункции [40]. Багманова и соавторы изучили взаимосвязь между мышечным мостиком и коронарным атеросклерозом. Результаты гистологического исследования показали, что в стенке туннелированного сегмента сосуда отсутствуют ксантомные и гладкомышечные клетки, в противовес проксимальному и дистальному участкам коронарной артерии. Эндотелий сосуда, проходящий в толще миокарда, имеет спиралевидное веретенообразное направление как проявление ламинарного хода и высокого напряжения сдвига. Плоские, полиморфные, полигональной формы клетки эндотелия являются характерной чертой низкого напряжения сдвига, которое индуцирует высвобождение эндотелиальных вазоактивных агентов (эндотелин-1, эндотелиальная NO-синтаза, ангиотензинпревращающий фермент). Концентрация эндотелиальных вазоактивных агентов повышена в проксимальном и дистальном сегментах в отличие от туннелированного фрагмента. Вследствие этого низкое напряжение сдвига оказывает влияние на развитие атеросклеротического процесса проксимальнее МММ, а высокое напряжение сдвига осуществляет защитную функцию в сегменте артерии под миокардиальным мостом. Увеличение локального напряжения и натяжения стенки артерии способствует повреждению эндотелиального слоя. В результате этого происходит разрыв атеросклеротической бляшки и последующий тромбоз в проксимальном сегменте сосуда.

Инвазивные и неинвазивные методы диагностики миокардиальных мышечных мостиков

При помощи внутрисосудистого ультразвукового исследования (ВСУЗИ) можно визуализировать и качественно оценить функциональные и структурные особенности МММ (Рис 2). Характерными признаками МММ, выявляемыми с помощью ВСУЗИ, являются «феномен кончика пальца», характеризующийся удлинением времени нарастания скорости диастолического кровотока и «феномен полумесяца», определяющейся в туннелированном сегменте между коронарной артерией и эпикардиальной тканью во время систолы и диастолы [41]. МММ также визуализируются с помощью внутрисосудистой оптической когерентной томографии (Рис. 3) и магнитной резонансной томографии (Рис. 4). Данные методы обладают высокой специфичностью и чувствительностью, позволяющие визуализировать просветы венечных сосудов, оценить состояние их стенок, близлежащего миокарда и камер сердца.

На сегодняшний день «золотым стандартом» диагностики МММ является коронарная ангиография (КАГ).

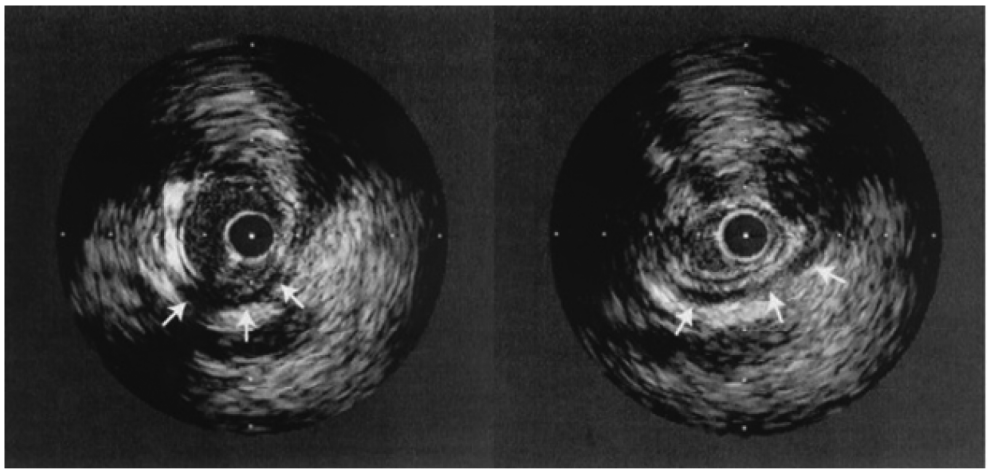


Рис. 2. ВСУЗИ. Сжатие артерии в систолу (слева) и расслабление в диастолу (справа)

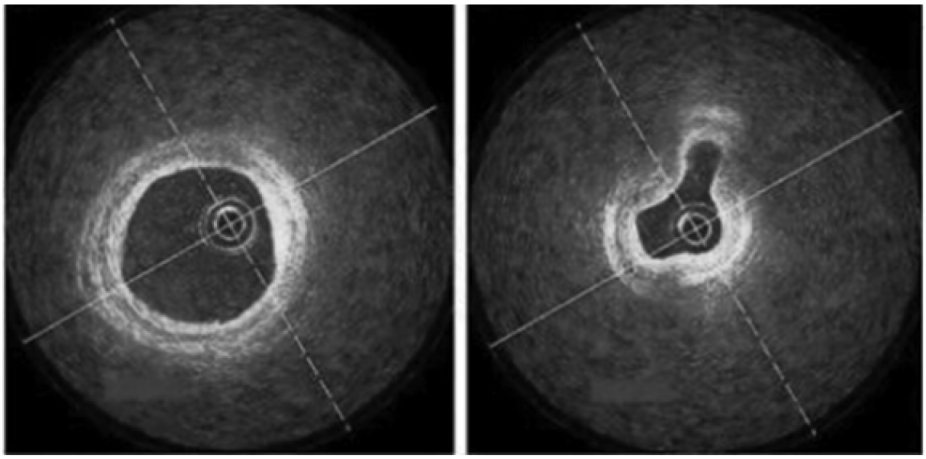


Рис. 3. Внутрисосудистая ОКТ. Сжатие артерии в систолу (справа), расслабление в диастолу (слева)

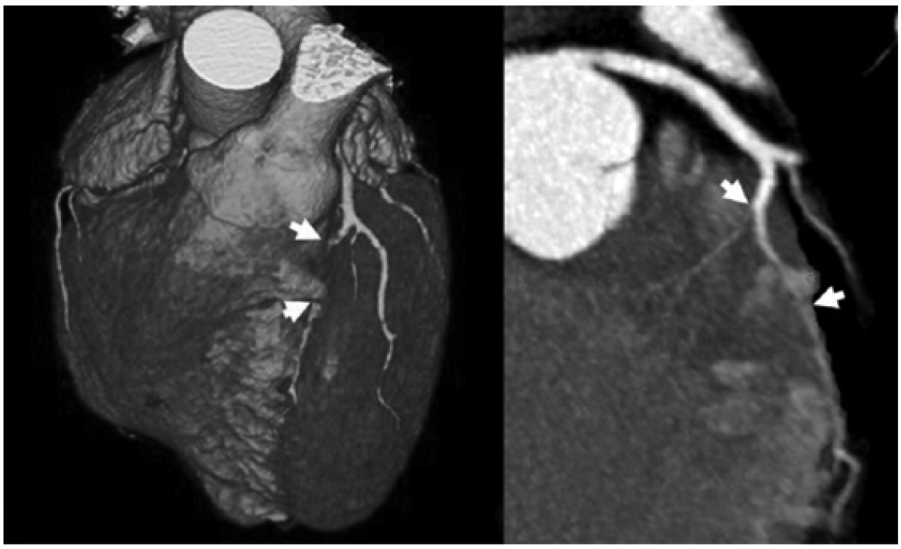


Рис. 4. МРТ. Стрелками указан миокардиальный мышечный мостик

На коронарных ангиограммах визуализируется дефект наполнения (milking effect), а также феномен «шаг вниз — шаг вверх» (step down — step up), обусловленные систолическим сжатием туннелированного участка (Рис. 5). Дефект наполнения «milking effect» проявляется эффектом выдаивания (сужением) венечной артерии в систолическую фазу, а также частичным или полным расширением в диастолическую фазу. При феномене «step down — step up» контрастное вещество пошагово фазово заполняет туннелированный сегмент артерии [42]. При наличии гемодинамически значимого атеросклеротического стеноза, расположенного проксимальнее тун-

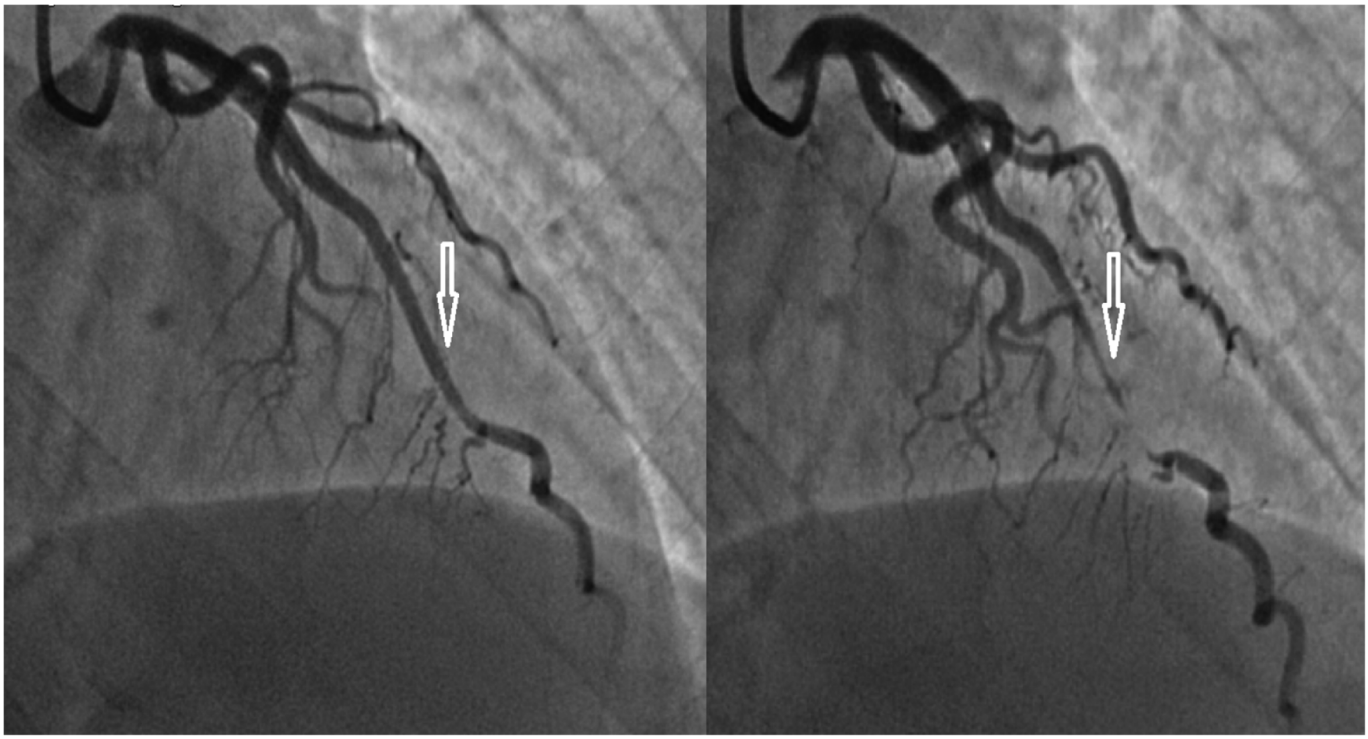


Рис. 5. Коронароангиограмма. Сжатие артерии в систолу (слева), расслабление в диастолу (справа). Стрелками указан миокардиальный мышечный мостик

нелированного сегмента, МММ могут не проявляться на серии коронарограмм. В таких случаях они визуализируются только после дилатации стентом стенозированного бляшкой участка, что увеличит кровенаполнение артерии, повысит внутрисосудистое давление, восстановит сократимость, тем самым проявятся характерный феномен и дефект наполнения характерный для МММ. Для выявления тонких МММ рекомендованы новые визуализирующие методы (ВСУЗИ, внутрисосудистая ОКТ) и применены провокационные тесты с нитроглицерином, ацетилхолином или эргометрином, которые способствуют систолическому сжатию туннелированной артерии, увеличивают частоту и силу сердечных сокращений.

На величину коронарной компрессии МММ влияет расположение, длина и толщина МММ, а также степень сократительной функции миокарда левого желудочка и частота сердечных сокращений [43]. Тахикардия и связанное с ней уменьшение длительности фазы диастолы делает более актуальным важность систолического кровотока. Систолическая компрессия венечной артерии вызывает травму внутренней оболочки сосуда, приводя к повреждению и десквамированию эндотелия, особенно при высокой частоте сердечных сокращений, что может привести к вазоспазму, агрегации тромбоцитов с последующим тромбообразованием и развитием острого коронарного синдрома (ОКС).

Классификация Шварца, выделяющая три типа пациентов, позволяет выбрать вид необходимого лечения у больных с МММ. К типу А относятся пациенты без выраженной симптоматики, не нуждающиеся в лечении. Больные типа В имеют значительное улучшение состояния на фоне консервативной терапии на протяжении 60 месяцев. Пациенты типа С обладают резистентностью к фармакологической терапии, которым показана реваскуляризация в области МММ [44].

Тактика ведения пациентов с симптомными миокардиальными мышечными мостиками

На сегодняшнее время по данным современной мировой литературы все больше исследуются проблемы пациентов с мышечными мостиками, сочетающееся с атеросклерозом венечных артерий или в изолированном состоянии.

Каждый случай определения ММ у больных с клинической симптоматикой представляет определенный интерес для практикующих врачей. Длительный прогноз больных с изолированными мышечными мостиками обычно благоприятный. Стратегией выбора в лечении категории больных с изолированным мышечным мостиком является преимущественно консервативная терапия. Данный вид лечения применяется только у больных с клиническими проявлениями МММ. Медикаментозная терапия не устраняет систолическое сжатие коронарной артерии. Её главной целью является нивелирование признаков и симптомов ишемии миокарда, а также профилактика коронарных событий посредством пред-

упреждения влияния факторов, способствующих развитию ишемии.

Пациентам показаны бета-блокаторы и недигидропиридиновые антагонисты кальция. Данные лекарственные средства имеют отрицательный инотропный и хронотропный эффект, вследствие этого уменьшается компрессия сосуда и снижается скорость раннего диастолического потока, приводя отношение систолического потока к диастолическому в норму, тем самым происходит купирование приступов стенокардии. В тоже время введение нитроглицерина напротив способствует его усилению сжатия коронарной артерии и усилению ишемии.

При резистентности к фармакотерапии открытое хирургическое вмешательство становится методом выбора (аортокоронарное шунтирование, миотомия) или интервенционное вмешательство (стентирование коронарной артерии) [45].

У пациентов с ОКС и окклюзией коронарной артерии по данным КАГ, коронарное русло дистальнее окклюзии не визуализируется и неизвестно, есть ли ММК. После имплантации стента в зону окклюзии и восстановлении проходимости артерии они начинают определяться во время коронароангиографии. Большой процент рестенозов и деформирование стентов происходят в том случае если стент имплантирован некоторой своей частью в туннелированный сегмент. Турбулентный кровоток в проксимальной трети сосуда во время систолы и недостаточное расширение сосуда в диастолу способствует замедлению кровотока на участке стентированного сегмента, активации каскада тромбообразования и как следствие возникновению тромбоза сосуда.

Любой вид хирургического лечения, в том числе и чрескожное коронарное вмешательство, должен рассматриваться как вынужденная и необходимая интервенция только у тех пациентов, которые рефрактерны к консервативной терапии и имеют доказанную связь симптомов ишемии миокарда с наличием ММК.

Заключение

Миокардиальный мышеный мостик распространенная анамолия коронарных артерий. У большинства пациентов симптомы могут протекать бессимптомно. Однако эта аномалия, несомненно, вызывает ишемию миокарда как в результате систолической компрессии ММК, так и при наличии атеросклеротических изменений проксимальнее ММК, что может быть причиной нарушения сердечного ритма, стенокардии, инфаркта миокарда и внезапной коронарной смерти. Требуется осторожность при учете обеих патологий при определении оптимальной медикаментозной терапии симптоматического ММК. Ввиду малой изученности данной патологии, необходимо дальнейшее проведение анализа влияния ММК на близжайшие и отдаленные результаты стентирования коронарных артерий у больных ИБС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бокерия Л.А., Суханов С.Г., Стерник, М.П. Миокардиальные мостики. — М.: НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 2013. — 158 с.
2. Morbiducci U., Kok A.M., Kwak B.R., Stone P.H., Steinman D.A., Wentzel J. J. Atherosclerosis at arterial bifurcations: evidence for the role of haemodynamics and geometry. Thrombosis and Haemostasis. 2018; 115 (03): 484–492.
3. Kyu H.H., Abate D., Abate K.H., et al. Global, regional, and national disability-adjusted lifeyears (DALYs) for 359 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE) for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the global burden of disease study 2017. The Lancet. 2018; 392 (10159): 1859–1922
4. Дудкова В.А., Карпов Р.С. Атеросклероз сосудов сердца и головного мозга. Томск: STT 2002; 416 с.
5. Lahoz C, Mostaza JM. Atherosclerosis as a systemic disease. Rev Esp Cardiol. 2007; 60 (2): 184–195
6. Доборджгинидзе Л.М., Грацианский Н.А. Дислипидемии: липиды и липопротеины, метаболизм и участие в атерогенезе. РМЖ. 2000; 7.
7. Morbiducci U., Kok A.M., Kwak B.R., Stone P.H., Steinman D.A., Wentzel J. J. Atherosclerosis at arterial bifurcations: evidence for the role of haemodynamics and geometry. Thrombosis and Haemostasis. 2018; 115 (03): 484–492.
8. Lipton M., Barry W., Obrez I. et al. Isolated single coronary artery: Diagnosis, angiographic classification and clinical significance // Radiology. — 1979; 130: 39–47. DOI: 10.1148/130.1.39.
9. Анатомическая характеристика миокардиальных мышечных мостиков коронарных артерий / Л.А. Бокерия [и др.] // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН сердечно-сосудистые заболевания. — 2010. — Т. 11, № 3. — С. 180–183.
10. Schwarz E., Gupta R., Haager P. et al. Myocardial bridging in absence of coronary artery disease: Proposal of a new classification based on clinicalangiographic data and long-term follow-up // Cardiology. — 2009; 112: 13–21. DOI: 10.1159/000137693.
11. Маклыгин, В.А. Случай внезапной смерти подростка, обусловленной аномалией расположения венечной артерии («ныряющая» венечная артерия) / В.А. Маклыгин, А.В. Махлис, А.А. Мезенцев // Судебно-медицинский журнал. — 2010. — Режим доступа: http://journal.forens-lit.ru/node/93.
12. Myocardial bridging is associated with coronary atherosclerosis in the segment proximal to the site of bridging / T. Nakaura [et al.] // J. Cardiol. — 2014. — Vol. 63, N 2. — P. 134–139. https://doi.org/10.1016/j.jjcc.2013.07.005
13. Myocardial bridging: a meta-analysis of prevalence / S. Hostiuc [et al.] // J. Forensic. Sci. — 2018. — Vol. 63, N 4. — P. 1176–1185. https://doi.org/10.1111/1556-4029.13665
14. Lee, M. S. Myocardial bridging: an up-to-date review / M. S. Lee, C.-H. Chen // J. Inv. Cardiol. — 2015. — Vol. 27, N 11. — P. 521–528.

15. Reyman H. (1737) Diss. de vasis cordis propriis. Bibl Anat, no 2, pp. 359–379.
16. Portmann W., Iwig J. (1960) Die intramurale koronarie imangiogram. Fortschr Rontgenstr, no 92, pp. 129–132.
17. Edwards J, Burnsides C, Swarm RL, Lansing AJ. Arteriosclerosis in the intramural and extramural portions of coronary arteries in the human heart. Circulation. 1956;13:235–241.
18. Ferreira AG, Trotter SE, Konig B, Decourt LV, Fox K, Olsen EGJ. Myocardial bridges: morphological and functional aspects. Br Heart J. 1991;66:364–367.
19. Noble J, Bourassa MG, Petitclerc R, Dyrda I. Myocardial bridging and milking effect of the left anterior descending coronary artery: normal variant or obstruction? Am J Cardiol. 1976;37:993–999.
20. Ishimori T, Raizner AF, Chabine RA, Awadeh M, Luchi R. Myocardial bridges in man: clinical correlations and angiographic accentuation with nitroglycerine. Cathet Cardiovasc Diagn. 1977;3:59–65.
21. Ge J, Erbel R, Rupprecht H. Comparison of intravascular ultrasound and angiography in the assessment of myocardial bridging. Circulation. 1994;89:1725–1732.
22. Багманова, З.А. Миокардиальные мостики коронарных артерий / З.А. Багманова // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2007. — № 6. — С. 125–130.
23. Миокардиальные мостики: современное состояние проблемы / Д.А. Коротаев // Патология кровообращения и кардиохирургия. — 2012. — № 1. — С. 85–89.
24. Миокардиальные мостики коронарных артерий / С.В. Дечко [и др.] // 10-я школа кардиолога: сборник научных трудов Республиканской научно-практической конференции с международным участием, Минск, 5–6 ноября 2015 г. / Министерство здравоохранения Республики Беларусь [и др.]; под ред. Н.П. Митьковской. — Минск, 2015. — С. 77–82.
25. Lubarsky, L. Evaluation of myocardial bridging of the left anterior descending coronary artery by 64-slice multidetector computed tomographic angiography / L. Lubarsky, M.P. Gupta, H.S. Hecht // Am. J. Cardiol. — 2007. — Vol. 100, N 7. — P. 1081–1082. https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2007.05.029
26. Evaluation of myocardial bridges with 64-slice computed tomography coronary angiography / F. Bayrak [et al.] // Acta Cardiol. — 2009. — Vol. 64, N 3. — P.341–346. https://doi.org/10.2143/ac.64.3.2038019
27. Myocardial bridge: a bridge to atherosclerosis / H. Duygu [et al.] // Anatol. J. Cardiol. — 2007. — Vol. 7, N 1. — P. 12–16.
28. Myocardial bridging / J.R. Alegria [et al.] // Eur. Heart J. — 2005. — Vol. 26, N 12. — P. 1159–1168. https://doi. org/10.1093/eurheartj/ehi203
29. Teragawa, H. The myocardial bridge: potential influences on the coronary artery vasculature / H. Teragawa, C. Oshita, T. Ueda // Clin. Med. Insights Cardiol. — 2019. — Vol. 13. — P. 1179546819846493. https://doi.org/10.1177/117954681984649
30. Nikolić S., Živković V., Manojlović E.G., Milovanović P., Djonić D., Djurić M. Does the myocardial bridge protect the coronary from atherosclerosis? A comparison between the branches of the dual-left anterior descending coronary artery type 3: an autopsy study. Atherosclerosis, 2013, vol. 227, no. 1, pp. 89–94. https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2012.12.010
31. Schunkert H. (2003) Focal coronary atherosclerosis proximal to myocardial bridging. Circulation, vol. 107, pp. 1944.
32. Myocardial bridge: a bridge to atherosclerosis / H. Duygu [et al.] // Anatol. J. Cardiol. — 2007. — Vol. 7, N 1. — P. 12–16. 11.
33. Histologic and immunohistochemical analysis of the antiatherogenic effects of myocardial bridging in the adult human heart / M. Loukas [et al.] // Cardiovasc. Pathol. — 2014. — Vol. 23, N 4. — P. 198–203. https://doi.org/10.1016/j.carpath.2014.03.002
34. Myocardial bridging is associated with coronary atherosclerosis in the segment proximal to the site of bridging / T. Nakaura [et al.] // J. Cardiol. — 2014. — Vol. 63, N 2. — P. 134–139. https://doi.org/10.1016/j.jjcc.2013.07.005.
35. Jiang L., Zhang M., Zhang H., Shen L., Shao Q., Shen L., He B. A potential protective element of myocardial bridge against severe obstructive atherosclerosis in the whole coronary system. BMC Cardiovascular Disorders, 2018, vol. 18, no. 1, p. 105. https://doi.org/10.1186/s12872-018-0847-8
36. Irvin, R.G. The angiographic prevalence of myocardial bridging in man / R.G. Irvin // Chest. — 1982. — Vol. 81. — P. 198–202.
37. Yamaguchi, M. Myocardial bridging as a factor in heart disorders: critical review and hypothesis / M. Yamaguchi, P. Tangkawattana, R. L. Hamlin // Acta Anat. (Basel). — 1996. — Vol. 157. — P. 248–260.
38. Corban MT, Hung OY, Eshtehardi P, Rasoul-Arzrumly E, McDaniel M, Mekonnen G, Timmins LH, Lutz J, Guyton RA, Samady H. Myocardial bridging: contemporary understanding of pathophysiology with implications for diagnostic and therapeutic strategies. J Am Coll Cardiol. 2014;63(22):2346–2355. doi: 10.1016/j.jacc.2014.01.049.
39. Comparison of intravascular ultrasound and angiography in the assessment of myocardial bridging / J. Ge [et al.] // Circulation. — 1994. — Vol. 89. — P. 1725–1732.
40. Ge J., Jeremias A., Rupp A., Abels M., Baumgart D., Liu F. (1999) Newsigns characteristic of myocardial bridging demonstrated by intracoronary ultrasound and Doppler. Eur Heart J, no 20, pp. 1707–1716.
41. Myocardial bridging and milking effect of the LAD coronary artery: normal variant or obstruction? / J. Noble, M. G. Bourassa, R. Petitclerc, I. Dyrda. // Am. J. Cardiol. — 1976; 37: 993–999.
42. Polacek P., Kralove H. Relation of myocardial bridges and loops on the coronary arteries to coronary occlusions. Am Heart J 1961; 61: 44–52.
43. Schwarz E., Klues H., Dahl J. (1996) Functional, angiographic andintracoronary Doppler fl ow characteristics in symptomatic patients withmyocardial bridging: eff ect of short-term intravenous beta-blocker medication. J Am Coll Cardiol, no 27, pp. 1637–1645.
44. Ernst A, Bulum J, Separovic Hanzevacki J, Lovric Bencic M, Strozzi M. Five-year angiographic and clinical follow-up of patients with drug-eluting stent implantation for symptomatic myocardial bridging in absence of coronary atherosclerotic disease. J Invasive Cardiol. 2013;25:586–592.
45. Boyd JH, Pargaonkar VS, Scoville DH, et al. Surgical Unroofing of Hemodynamically Significant Left Anterior Descending Myocardial Bridges. Ann Thorac Surg. 2017;103:1443–1450.

© Стародубов Олег Дмитриевич (starodubov@bsu.edu.ru); Ефремова Ольга Алексеевна (efremova@bsu.edu.ru);
Оболонкова Наталья Ивановна (obolonkova@bsu.edu.ru); Масленников Андрей Анатольевич (maslennikov@bsu.edu.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.07.40

ВЛИЯНИЕ COVID-19 НА ФОСФОРНО-КАЛЬЦИЕВЫЙ ОБМЕН

IMPACT OF COVID-19 ON PHOSPHORUS AND CALCIUM METABOLISM

N. Shadchneva
E. Blagovestnaya
E. Sereda
D. Enzel

Summary. Disease has accompanied humanity for millions of years. Epidemics and pandemics have always existed, they have always claimed thousands and millions of lives. With some of them, mankind has learned to cope, the fight against some has remained an unattainable goal. Even with our advances in medicine, science and technology, we continue to encounter new pathogens that pose a threat to human life, global economic security and public health. Mankind has faced such a problem again in our time. At the end of 2019, a novel coronavirus, designated SARS-CoV-2, emerged in Wuhan, China, causing a new pandemic to emerge. At a young age, SARS-CoV-2 is either asymptomatic or accompanied by typical symptoms of SARS — runny nose, fever. In addition, infection with a new virus may manifest as complete or partial anosmia. In more severe cases, as a result of the activation of pro-inflammatory cytokines and the formation of a cytokine storm, life-threatening conditions develop, such as respiratory distress syndrome and multiple organ damage requiring constant respiratory support.

Keywords: SARS-CoV-2, angiotensin converting enzyme receptor 2 (ACE2), chondrolysis, parathyroid hormone (PTH), mononuclear cells, osteoporosis.

Шадчнева Наталья Александровна
к.м.н., доцент, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Симферополь
Благовестная Екатерина Игоревна
Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Симферополь
katy_katy1718@mail.ru
Середа Елизавета Владимировна
Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Симферополь
liza.sereda.98@mail.ru
Энзель Дарья Анатольевна
Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Симферополь
darya.enzel@yandex.ru

Аннотация. Болезни сопровождали человечество на протяжении миллионов лет. Эпидемии и пандемии существовали всегда, всегда уносили тысячи и миллионы жизни людей. С некоторыми из них человечество научилось справляться, борьба с некоторыми так и остались недостижимой целью. Даже несмотря на наши достижения в области медицины, науки и техники, мы продолжаем сталкиваться с новыми патогенами, которые представляют угрозу для жизни людей, глобальной экономической безопасности и системы здравоохранения. С такой проблемой человечеству снова пришлось столкнуться в наше время. В конце 2019 года новый коронавирус, обозначенный как SARS-CoV-2, появился в городе Ухань, Китай, и вызвал вспышку новой пандемии. В молодом возрасте SARS-CoV-2 протекает либо бессимптомно, либо сопровождается типичными симптомами ОРВИ— насморк, повышение температуры. Помимо этого, заражение новым вирусом может проявляться полной или частичной аносмией. В более тяжелых случаях в результате активации провоспалительных цитокинов и формировании цитокинового шторма развиваются жизнеугрожающие состояния по типу респираторного дистресс— синдрома и полиорганного поражения, требующего постоянной респираторной поддержки.

Ключевые слова: SARS-CoV-2, рецептор ангиотензинпревращающего фермента 2 (ACE2), хондролиз, парагормон (ПТГ), мононуклеарные клетки, остеопороз.

Механизм влияния вируса на опорно-двигательный аппарат и на организм в целом

SARS-CoV-2 относится к семейству коронавирусов, одноцепочечных РНК-вирусов. SARS-CoV-2 попадают в клетки через рецептор ангиотензинпревращающего фермента 2 (ACE2) с использованием сериновой протеазы TMPRSS2 (трансмембранная протеаза, серин 2). После связывания с рецептором происходит протеолитическое расщепление вирусного белка S с помощью TMPRRS2, освобождается пептид, который позволяет соединять вирусные и человеческие мембраны, при этом вирусная РНК проникает в цитоплазму. Как только вирусная РНК получает доступ к цитоплазме, происходит трансляция вирусных белков и репликация вирусной РНК, что в конечном итоге приводит к сборке вирионов, которые высвобождаются из инфицированных клеток путем экзоцитоза. Некоторые белки, кодируемые вирусной РНК, могут взаимодействовать с различными клеточными белками человека, нарушая их функцию. Среди белков организма человека, которые будут повреждаться SARS-CoV-2, есть те, которые участвуют во внутриклеточном транспорте везикул, передаче сигналов воспаления, ядерном транспорте, поддержании стабильности цитоскелета и митохондриальном дыхании. Таким образом, вирусная инфекция клеток может привести к выработке большего количества новых вирусов и может значительно нарушить основные клеточные функции и привести к возможному апоптозу клетки. Затем эти апоптотические клетки могут привести к дис-

функции на тканевом уровне, а также могут усиливать местное воспаление. [1,2,3]

Исследования, проведенные у пациентов переболевших COVID-19, показали значительные негативные последствия заболевания для опорно-двигательной системы.

Негативное действие SARS-CoV-2 обусловлено прямым (развивается после контакта вируса с клетками, имеющими рецепторы) и опосредованным действием (влияние на организм системного воспаления) на человека.

Во время начальной респираторной инфекции SARS-CoV-2 преимущественно поражает пневмоциты II типа, которые выстилают респираторный эпителий и экспрессируют ACE2 и TMPRSS2. Помимо них в эпителии дыхательных путей небольшая часть B-клеток, тучных клеток, макрофагов, альвеолярных клеток 1-го и 2-го типов и T-клеток также экспрессируют ACE2 и TMPRSS2. В скелетной мышечной ткани человека множество типов клеток экспрессируют TMPRSS2, включая сосудистые клетки, такие как эндотелиальные клетки, гладкомышечные клетки, мышечные стволовые клетки (клетки-сателлиты), макрофаги, иммунные клетки. Однако только гладкомышечные клетки и перициты экспрессируют ACE2. Несколько клеток в синовиальной оболочке экспрессируют ACE2 и TMPRSS2, включая фибробласты, моноциты, B-клетки и T-клетки. В суставном хряще пролиферативные, гипертрофические и эффекторные хондроциты (которые являются подмножеством хондроцитов, которые, по-видимому, обладают высоким уровнем метаболической активности) экспрессируют ACE2. В мениске небольшая часть предшественников хряща и регуляторных фиброхондроцитов экспрессируют ACE2, при этом TMPRSS2 не обнаружен ACE2 экспрессируется в кортикальной и трабекулярной кости и в структурах кости, обогащенных остеобластами, а TMPRSS2 экспрессируется во всех образцах, обогащенных остеобластами. Согласно предыдущему исследованию, Saemi Obitsu и соавт. обнаружено, что после заражения атипичной пневмонией у пациентов после выздоровления от атипичной пневмонии наблюдалось несколько аномалий скелета, включая снижение плотности костной ткани и остеонекроз. Некоторые из этих результатов могут быть объяснены кратковременным приемом стероидов, но не полностью. Поэтому они обнаружили, что мононуклеарные клетки человека, а именно предшественники остеокластов, могут частично экспрессировать ACE2. Были изучены краткосрочные эффекты SARS-CoV-2 на ткани скелета. Олатундун Д. и др. продемонстрировали, что в течение 2 недель после заражения SARS-CoV-2 резко усиливает остеокластогенез и приводит к потере костной массы. Так реализуется непосредственное негативное влияние вируса на организм. [4,5,6]

Системное воспаление также может играть роль в физиологии костей и суставных тканей у пациентов с COVID-19. Из цитокинов, которые, как известно, индуцируются в результате инфицирования COVID-19, CXCL10, IL-17 и TNF-α играют определенную роль в индуцировании остеокластогенеза и снижении пролиферации и дифференцировки остеобластов, что приводит к общему снижению МПК.

IL-1β, IL-6 и TNF-α могут приводить к хондролизу, который может привести к артралгиям или прогрессированию остеоартрита у некоторых пациентов. Аналогичным образом, считается, что IL-1β, IL-17 и TNF-α способствуют воспалению при тендинопатии и могут нарушать нормальную биологическую активность теноцитов, что приводит к нарушению ремоделирования матрикса и потенциальному обострению дегенеративных заболеваний сухожилий.

Эти исследования показали, что SARS-CoV-2 может прямо или косвенно воздействовать на остеокласты и остеобласты, влияя на метаболизм костей и приводя к остеопорозу и т.д. [7,8]

Пожилые пациенты, инфицированные COVID-19, подвергаются высокому риску развития остеопороза

Пожилой возраст был независимым фактором риска смерти у пациентов с COVID-19. Возраст является одним из наиболее важных прогностических факторов, связанных с летальностью при инфицировании COVID-19. Исследования показали, что тяжесть и клинический исход у пациентов с COVID-19 в значительной степени зависят от возраста пациента. На взрослых старше 65 лет приходится примерно 80% госпитализированных пациентов, а риск смерти в 23 раза выше, чем у взрослых в возрасте до 65 лет. [9,10,11]

При заражении COVID-19 увеличивается выработка провоспалительных цитокинов, и это может привести к потере костной массы и резорбции кости у тяжелобольных пациентов, особенно пожилых пациентов, которые находятся в иммобилизации в течение длительного времени. Иммобилизация также способствует быстрой потере мышечной массы у людей в возрасте 65 лет и старше, а также увеличивает вероятность падений у пожилых людей, вызванных факторами, связанными с COVID-19, а также хроническим воспалением и хрупкостью.

COVID-19 и лечение глюкокортикоидами

Хорошо известно, что глюкокортикоиды полезны при лечении острого респираторного дистресс-синдрома (ОРДС), поскольку они уменьшают воспаление и улуч-

шают функционирование легких. Глюкокортикоидная терапия широко используется для лечения пациентов с COVID-19 в большинстве стран мира. Из-за их способности подавлять тяжелое системное воспаление глюкокортикоиды широко используются для лечения пневмонии и профилактики повреждения легких.

Остеопороз и низкая плотность костной ткани могут быть результатом того, что глюкокортикоиды отрицательно влияют на функцию костных клеток и минеральный обмен. Большая часть потери костной массы происходит в течение первых нескольких месяцев после приема глюкокортикоидов, и даже умеренная доза, которую некоторые эксперты считают в пределах физиологической, может увеличить риск переломов.

Вызванный глюкокортикоидами остеопороз является наиболее частой причиной вторичного остеопороза и является третьей по частоте причиной остеопороза после постменопаузального остеопороза и старческого остеопороза. [12,13,14]

Благодаря усилению мер профилактики и контроля, а также увеличению числа вакцинированных людей, COVID-19 эффективно контролируется во многих странах и регионах, но воздействие этой эпидемии на здоровье людей заслуживает дальнейшего внимания, особенно на метаболизм костей, такой как остеопороз. Для пожилых пациентов с COVID-19 с дефицитом витамина D, которые лечатся глюкокортикоидами и подвержены высокому риску остеопороза, нам необходимо проводить скрининг, диагностировать и обеспечить своевременное лечение, чтобы предотвратить переломы.

Во время пандемии использование лекарств от остеопороза безопасно и эффективно и должно продолжаться в обычном режиме. Atmaca et al. обнаружено, что ранее применявшиеся препараты от остеопороза, включая бисфосфонат, деносумаб или терипаратид, не влияли на госпитализации, связанные с COVID-19, госпитализации в отделения интенсивной терапии или смертность. Во время инфекции COVID-19 прием этих препаратов не следует прекращать. Елена Цурди и др. предполагается, что адекватная физическая активность, прием витамина D и соблюдение сбалансированной диеты являются стандартными нефармакологическими подходами к здоровью костей; из-за их пользы для опорно-двигательного аппарата и потенциальной роли в качестве стимуляторов иммунокомпетентности эти стратегии следует поддерживать. [15.16]

Влияние COVID-19 на паращитовидные железы

Паращитовидные железы, расположенные в задней части щитовидной железы на шее, считаются важными регуляторами уровня кальция и фосфора в организме. Паращитовидная железа реагирует на низкий уровень кальция и выделяет парагормон (ПТГ), который регулирует уровень кальция, воздействуя на кости, почки и кишечник. Низкий уровень кальция в сыворотке, повышенный уровень фосфора в сыворотке и отсутствие или аномально низкий уровень паратиреоидного гормона в сыворотке характеризуют гипопаратиреоз, редкое заболевание с эндокринной недостаточностью. В 75 % случаев гипопаратиреоз вызывается повреждением паращитовидной железы в результате хирургического вмешательства или аутоиммунного заболевания. Инфекция, вызванная коронавирусом 2 типа с тяжелым острым респираторным синдромом (SARS-CoV-2), характеризуется поражением многих органов, включая дисфункцию эндокринных желез. Предыдущие исследования показали, что инфекция SARS-CoV-2 вызывает повреждение эндокринной ткани с помощью различных механизмов, включая прямое повреждение клеток в результате проникновения вируса в железы путем связывания с рецепторами ангиотензинпревращающего фермента 2 и репликации, васкулит, артериальный и венозный тромбоз, гипоксическое повреждение клеток, иммунный ответ и цитокиновый шторм. На сегодняшний день было проведено небольшое количество исследований по воздействию нового коронавируса, (COVID-19), на паращитовидные железы. Гипопаратиреоз наблюдался у небольшого числа людей в результате инфекции SARS-CoV-2. Некоторые ученые выявили экспрессию ACE-2 в паращитовидных железах в своих иммуногистохимических исследованиях. Также сообщалось об экспрессии ACE-2 в паращитовидных железах путем обнаружения спайкового белка SARS-CoV в ацидофильных клетках паращитовидных желез при вскрытии четырех пациентов с атипичной пневмонией.

Гипокальциемия была идентифицирована как распространенный симптом COVID-19, и, по-видимому, это биохимический признак, который отличает COVID-19 от других острых респираторных дистресс-синдромов. Кроме того, он, по-видимому, является предиктором развития тяжелой инфекции COVID-19. Густина и др. оценили распространенность гипокальциемии у пациентов с COVID-19 и показали, что у 82 % включенных пациентов была гипокальциемия. Позже в другом исследовании было указано, что у 67 % пациентов с тяжелой формой COVID-19 была гипокальциемия. Гипокальциемию, вызванную COVID-19, можно объяснить множеством механизмов. Дефицит витамина D, гипоальбуминемия, увеличение поступления кальция из-за гипоксического повреждения, нарушение всасывания в кишечнике, ингибирование ПТГ из-за повышения уровня провоспалительных цитокинов и гипопаратиреоз, вызванный SARS-CoV-2, являются обсуждаемыми механизмами. Таким образом, гипокальциемия может увеличить частоту госпитализаций, тяжесть и смертность и может служить прогностическим фактором у пациентов с COVID-19 в отделении интенсивной терапии. [17,18]

Кроме того, исследователи сообщили о небольшом числе случаев первичного гипопаратиреоза, вызванного инфекцией SARS-CoV-2, и декомпенсации старого первичного гипопаратиреоза во время инфекции COVID-19. В 2020 году Elkattawy и *соавторы* сообщили о первом случае первичного гипопаратиреоза, вызванного инфекцией SARS-CoV2, у 46-летнего пациента мужского пола без каких-либо признаков в анамнезе, который был госпитализирован с дыхательной недостаточностью и находился в больнице длительное время. В этом случае гиперфосфатемия и низкий уровень ПТГ были обнаружены случайно. Дианатфар *и др*. описана 44-летняя, ранее здоровая пациентка женского пола, которая была госпитализирована из-за COVID-19, которая затем впала в депрессивное состояние, и у нее был один тонико-клонический приступ примерно через 1 неделю после выписки из больницы. Лабораторные тесты выявили низкий уровень кальция в сыворотке и повышенный уровень фосфора в сыворотке. Кроме того, уровень ПТГ в сыворотке был значительно низким, что позволило установить диагноз первичного гипопаратиреоза. У пациента в настоящем исследовании, как и в других случаях, развились гипокальциемия и гиперфосфатемия с низким уровнем ПТГ в контексте пневмонии COVID-19. Злокачественные новообразования, паранеопластический синдром и аутоиммунные заболевания были исключены. У пациента был положительный ответ на терапию пероральными добавками кальция. Инфекция SARS-CoV-2 вызвала гипопаратиреоз, который не был стойким. [19,20]

Сообщалось также, что заболевание COVID-19 вызывает декомпенсацию ранее хорошо переносимого первичного гипопаратиреоза. Bossoni и соавторы сообщили о случае 72-летней пациентки с тиреоидэктомией в прошлом, у которой была легкая инфекция COVID-19 и острая периоральная парестезия и дизартрия. Лабораторные исследования выявили низкий уровень кальция в сыворотке, повышенный уровень фосфора в сыворотке и низкий уровень ПТГ в сыворотке, что позволяет предположить, что инфекция SARS-CoV-2 вызвала тяжелую гипокальциемию в контексте субклинического послеоперационного гипопаратиреоза. [21,22]

Частота дисфункции паращитовидных желез у пациентов с COVID-19, а также точные основные механизмы, продолжительность и обратимость этого явления остаются неясными. Из-за недостатка данных, связывающих SARS-CoV-2 с паращитовидными железами, исследования коронавируса предыдущего поколения (SARS-Co-V), который вызвал пандемию SARS в 2003 году, могут прояснить эту тему. РНК SARS-Co-V и антигенные материалы были обнаружены в ацидофильных клетках паращитовидной железы в образцах тканей, полученных от пациентов с SARS, которые не выжили. Кроме того, повышенная экспрессия рецепторов ACE2 была обнаружена в ацидофильных клетках паращитовидных желез. Таким образом, SARS-CoV-2 потенциально может напрямую воздействовать на паращитовидные железы, связываясь с рецепторами ACE2 на ацидофильных клетках. [23,24]

Предыдущие патологические исследования у пациентов, инфицированных SARS-CoV-1 или SARS-CoV-2, выявили целый ряд повреждений эндокринной ткани, включая прямое повреждение клеток в результате проникновения и репликации вируса, васкулит, артериальный и венозный тромбоз, гипоксическое повреждение клеток, иммунный ответ и цитокиновый шторм. Тромбоз чаще встречается у пациентов с COVID-19, особенно в мелких сосудах и внелегочных органах, чем у пациентов с ТОРС. Это патогенетическое действие, специфичное для SARS-CoV-2, может привести к повреждению органов с высокой степенью васкуляризации, таких как эндокринные железы, и, в частности, органов с плотной сосудистой сетью. [25,26]

Следует отметить, что предыдущее исследование продемонстрировало, что хронический респираторный алкалоз повышает резистентность почечных рецепторов ПТГ к ПТГ, что приводит к гипокальциемии и гиперфосфатемии без повышения уровня ПТГ, что указывает на то, что хронический респираторный алкалоз может привести к относительному гипопаратиреозу. Эти данные указывают на дополнительный потенциальный механизм косвенного нарушения функции паращитовидных желез во время заболевания COVID-19, которое характеризуется повышенными усилиями по дыханию и вымыванию углекислого газа, что приводит к респираторному алкалозу. Необходимы дальнейшие исследования для изучения причинной связи между инфекцией SARS-CoV-2 и воздействием на паращитовидные железы. [27,28]

В заключение, инфекция SARS-CoV-2 может привести к поражению многих органов, включая дисфункцию эндокринных желез. В настоящем исследовании было подчеркнуто влияние нового коронавируса на паращитовидные железы. Клиницисты должны также учитывать, что, хотя SARS-CoV-2 не представляет известного тропизма к паращитовидным железам, он может вызвать декомпенсацию старого первичного гипопаратиреоза, который хорошо переносился до заражения.

Гипопаратиреоз, изменения уровня кальция в сыворотке крови и изменения витамина D являются наиболее важными эндокринологическими эффектами COVID-19 на паращитовидную железу и ее функцию.[29]

Регуляция фосфорно-кальциевого метаболизма в условиях COVID-19

Известно, что витамин D регулирует метаболизм кальция и фосфара. Он не только играет важную роль

в поддержании здоровой минерализации скелета, но также является иммуномодулирующим гормоном. Как рецептор витамина D, так и метаболизирующие ферменты экспрессируются различными типами иммунных клеток, включая лимфоциты, моноциты, макрофаги и дендритные клетки. Экспериментальные исследования показали, что витамин D обладает значительной биологической активностью в отношении врожденного и приобретенного иммунитета. Исследования на животных продемонстрировали, что введение витамина D или его метаболитов приводит к изменениям в возникновении и прогрессировании различных заболеваний. Это подтверждает клинические и эпидемиологические данные, которые связывают витамин D с частотой и тяжестью многих заболеваний, таких как псориаз, рассеянный склероз, ревматоидный артрит, диабет 1 типа и различные инфекционные заболевания.

Существует две основные формы витамина D: витамин D2 и витамин D3. Витамин D2 синтезируется из эргостерола и содержится в дрожжах, высушенных на солнце и облученных ультрафиолетом грибах и растениях. Витамин D3 синтезируется эндогенно из 7-дегидрохолестерина в коже и естественным образом содержится в рыбьем жире. После попадания в кровоток витамин D (D представляет собой один или оба витамина D2 и витамин D3) метаболизируется витамином D-25-гидроксилазой (CYP2R1) в печени до 25-гидроксивитамина D [25 (OH) D]. 25 (OH) D далее метаболизируется ферментом 25-гидроксивитамин D-1α-гидроксилазой (CYP27B1) до активной формы, 1,25-дигидроксивитамина D [1,25 (OH) 2 D]. 1,25 (OH) 2 D выполняет свои физиологические функции в ткани-мишени путем связывания срецептор витамина D (VDR) в ядре, где он приводит к усилению или подавлению регуляции множества генов. Следует отметить, что основным местом превращения 25 (OH) D в системно биодоступный 1,25 (OH) 2 D являются почки. CYP27B1 также экспрессируется многими другими тканями, включая активированные макрофаги, паращитовидные железы, микроглию, молочную железу, толстую кишку и кератиноциты, где вырабатывается 1,25(OH) D и выполняет свои аутокринные и паракринные функции.

Исторические свидетельства, связывающие витамин D с врожденным иммунитетом, были получены из сообщений середины 1800-х и начала 1900-х годов, предшествовавших эре антибиотиков, о том, что для лечения туберкулеза (ТБ) использовались рыбий жир, богатый витамином D3, и воздействие солнечного света. Позже последующие исследования выявили объяснение терапевтического действия рыбьего жира и солнечного света. В присутствии инфекции активированные макрофаги и моноциты, индуцируемые сигнализацией toll-подобных рецепторов и воздействием воспалительных цитокинов, таких как интерферон-Y (IFN-Y), сильно экспрессируют CYP27B1, который превращает 25 (OH) D в 1,25 (OH) 2 D. Затем 1,25 (OH) 2 D усиливает антимикробную активность макрофагов и моноцитов аутокринным образом посредством передачи сигналов VDR-RXR, что, в свою очередь, стимулирует выработку эндогенного антимикробного кателицидина LL-37. Кателицидин действует против вторгающихся бактерий и грибков, дестабилизируя микробные мембраны. Он также проявляет прямую противовирусную активность против многих респираторных вирусов, разрушая вирусные оболочки и изменяя жизнеспособность клеток-мишеней хозяина. Этот процесс особенно эффективен при гранулематозном воспалении, таком как туберкулез, грибковые инфекции, саркоидоз и некоторые лимфомы. Выработка макрофагами 1,25(OH)2Витамин D не только регулирует выработку кателицидина LL-37, но и продуцирует его, чтобы он мог выходить из клетки и влиять на функцию близлежащих лимфоцитов. Однако непреднамеренным следствием этой паракринной функции является то, что макрофаги вырабатывают избыточное количество 1,25 (OH) 2 D, которое поступает в кровоток и нерегулируемым образом стимулирует всасывание кальция в кишечнике и мобилизацию кальция в костях, что приводит к гиперкальциурии и гиперкальциемии. Это более вероятно, когда циркулирующие уровни 25 (OH) D превышают 30 нг / мЛ (75 нмоль / л), что объясняет, почему у пациентов с гранулематозными заболеваниями, включая саркоидоз, летом развивается гиперкальциемия. [30,31,32]

В ряде исследований сообщалось о независимых ассоциациях между низкой концентрацией 25-гидроксивитанима D в сыворотке крови и восприимчивостью к острым инфекциям дыхательных путей. В систематическом обзоре и мета-анализе 25 рандомизированных контролируемых исследований Martineau и др. описано, что витамин D защищает от острой инфекции дыхательных путей в целом. В обзоре литературы, касающемся возможной роли витамина D в профилактике заражения вирусом гриппа, Грубер-Бзура заметил, что данные вызывают споры и сомнения.

Кальцитриол (1,25-дигидроксивитамин D3) оказывает выраженное воздействие на ось ACE2 / Ang (1-7) / MasR с усиленной экспрессией ACE2. ACE-2 является рецептором клетки-хозяина, ответственным за опосредование заражения SARS-CoV-2. Исходя из этого, данный факт может свидетельствовать о более высоком риске заражения. Однако до настоящего времени он не был доказан, и предыдущие исследования выявили связь между более высокими уровнями ACE2 и лучшими прогнозами при коронавирусной болезни. Было показано, что ACE2 защищает легкие от острого повреждения легких.

Мы предполагаем, что витамин D может играть защитную роль при COVID-19.

Патология COVID-19 включает в себя сложное взаимодействие между SARS-CoV2 и иммунной системой организма. Кальцитриол (1,25-дигидроксивитамин D3) оказывает выраженное воздействие на ось ACE2 / Ang (1-7) / MasR с усиленной экспрессией ACE2. ACE2 является рецептором клетки-хозяина, ответственным за опосредование заражения SARS-CoV-2. С этой точки зрения может быть очевидно, что риск заражения может быть выше. Однако витамин D играет несколько ролей в иммунной системе, которые могут модулировать реакцию организма на инфекцию. Abu-Amer и др. описали, что дефицит витамина D ухудшает способность макрофагов созревать, продуцировать специфичные для макрофагов поверхностные антигены, продуцировать лизосомальный фермент кислую фосфатазу и секретировать H_2O_2, функцию, неотъемлемую от их антимикробной функции. Это может частично объяснить, почему Martineau и др. наблюдали, что витамин D был защитным в случаях гиповитаминоза. Решающее значение во врожденном иммунном ответе имеют toll-подобные рецепторы, которые распознают молекулы, связанные с патогенами, и при активации высвобождают цитокины и индуцируют активные формы кислорода и антимикробные пептиды, кателицины и дефензины. Некоторые из toll-подобных рецепторов влияют или подвергаются влиянию индукции рецептора витамина D. [33,34,35]

Помимо вирулентности вируса, COVID-19 вызывается высвобождением провоспалительных цитокинов. Было обнаружено, что витамин D модулирует реакцию макрофагов, предотвращая выделение ими слишком большого количества воспалительных цитокинов и хемокинов.

Учитывая, что витамин D важен для иммунной функции и, как было показано, модулирует воспалительные реакции организма на инфекцию, вполне вероятно, что витамин D может играть защитную роль в профилактике и лечении COVID-19. Факторы риска или медицинские состояния, связанные с дефицитом витамина D, такие как пожилой возраст, ожирение, сопутствующие сосудистые заболевания и рак, также связаны с повышенным риском исходов COVID-19.

ЛИТЕРАТУРА

1. Prietl B., Treiber G., Pieber T.R., Amrein K. Vitamin D and immune function. Nutrients. 2013;5:2502–2521.
2. Adams J.S., Rafison B., Witzel S., Reyes R.E., Shieh A., Chun R., Zavala K., Hewison M., Liu P.T. Regulation of the extrarenal CYP27B1-hydroxylase. J. Steroid Biochem. Mol. Biol. 2014;144:22–27.
3. Lee KA, Ma W, Sikavi DR, Drew DA, Nguyen LH, Bowyer RCE, Cardoso MJ, Fall T, Freidin MB, Gomez Met al.. Cancer and risk of COVID-19 through a general community survey. Oncologist. 2021;26 (1):e182–e185.
4. Manson JE, Bassuk SS. Commentary. Eliminating vitamin D deficiency during the COVID-19 pandemic: a call to action. Metabolism. 2020;112:154322.
5. Aranow C. Vitamin D and the immune system. J Investig Med. 2011;59(6):881-6
6. Helming L, Böse J, Ehrchen J, et al. 1alpha,25-Dihydroxyvitamin D3 is a potent suppressor of interferon gamma-mediated macrophage activation. Blood. 2005;106:4351–4358.
7. Martineau Adrian R, Jolliffe David A, Richard HL, et al. Vitamin D supplementation to prevent acute respiratory tract infections: systematic review and meta-analysis of individual participant data. BMJ. 2017;356:i6583.
8. Abu-Amer Y, Bar-Shavit Z. Impaired bone marrow-derived macrophage differentiation in vitamin D deficiency. Cell Immunol. 1993;151:356–368.
9. Cui C, Xu P, Li G, et al. Vitamin D receptor activation regulates microglia polarization and oxidative stress in spontaneously hypertensive rats and angiotensin II-exposed microglial cells: role of renin-angiotensin system. Redox Biol. 2019;26:101295.
10. Kuka K, Imai Y, Penninger JM. Angiotensin-converting enzyme 2 in lung diseases. Curr Opin Pharmacol. 2006;6:271–276.
11. Cui C, Xu P, Li G, et al. Vitamin D receptor activation regulates microglia polarization and oxidative stress in spontaneously hypertensive rats and angiotensin II-exposed microglial cells: role of renin-angiotensin system. Redox Biol. 2019;26:101295
12. Gruber-Bzura BM. Vitamin D and influenza-prevention or therapy? Int J Mol Sci. 2018;19:2419.
13. Martineau Adrian R, Jolliffe David A, Richard HL, et al. Vitamin D supplementation to prevent acute respiratory tract infections: systematic review and meta-analysis of individual participant data. BMJ. 2017;356:i6583.
14. Cannell JJ, Vieth R, Umhau JC, et al. Epidemic influenza and vitamin D. Epidemiol Infect. 2006;356:1129–1140.
15. Charoenngam N., Shirvani A., Holick M.F. Vitamin D for skeletal and non-skeletal health: What we should know. J. Clin. Orthop. Trauma. 2019;10:1082–1093.
16. Papapoulos S.E., Clemens T.L., Fraher L.J., Lewin I.G., Sandler L.M., O'Riordan J.L. 1, 25-dihydroxycholecalciferol in the pathogenesis of the hypercalcaemia of sarcoidosis. Lancet. 1979;1:627–630.
17. Holick M.F., Binkley N.C., Bischoff-Ferrari H.A., Gordon C.M., Hanley D.A., Heaney R.P., Murad M.H., Weaver C.M., Endocrine S. Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: An Endocrine Society clinical practice guideline. J. Clin. Endocrinol. Metab. 2011;96:1911–1930.
18. Karagiannidis C., Mostert C., Hentschker C. et al. Case characteristics, resource use, and outcomes of 10 021 patients with COVID-19 admitted to 920 German hospitals: an observational study // Lancet Respir. Med. — 2020. — Vol. 8. — N. 9. — P. 853–862. doi
19. О.Н. Зубань, М.Н. Решетников, А.В. Устинов ГБУЗ «Московский научно-практический центр борьбы с туберкулезом Департамента здравоохранения города Москвы» COVID-19 У БОЛЬНЫХ ТУБЕРКУЛЕЗОМ: ОДНОЦЕНТРОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ. ТУБЕРКУЛЕЗ И СОЦИАЛЬНО-ЗНАЧИМЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ
20. Лебедева И.Б., Осинцева И.Ю., Бондаренко Т.Е., Пьянзова Т.В., Брусина Е.Б. COVID-19 в популяции больных туберкулезом: эпидемиологическая и клиническая характеристика. Фундаментальная и клиническая медицина. 2021;6(3):71-84. https://doi.org/10.23946/2500-07

21. Фтизиатрия. Национальные клинические рекомендации / под ред. П.К. Яблонского. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. [Yablonsky PK, ed. Phthisiology: National Clinical Guidelines. Moscow: GEOTAR-Media; 2015 (In Russ).]
22. Старшинова А.А., Кушнарева Е.А., Малкова А.М., Довгалюк И.Ф., Кудлай Д.А. Новая коронавирусная инфекция: особенности клинического течения, возможности диагностики, лечения и профилактики инфекции у взрослых и детей. Вопросы современной педиатрии. 2020;19(2
23. Glaziou P. Predicted impact of the COVID-19 pandemic on global tuberculosis deaths in 2020. MedRxiv. 2020. doi: 10.1101/2020.04.28.20079582
24. Екатеринчева О.Л., Малкова А.М., Карев В.Е., Кудрявцев И.В., Зинченко Ю.С., Потепун Т.Б., Кудлай Д.А., Старшинова А.А. Особенности диагностики туберкулеза на фоне COVID-19. Журнал инфектологии. 2021;13(1):117-123. https://doi.org/10.22625/2072-6732-2021-13
25. Л.И. Русакова, Д.А. Кучерявая, С.А. Стерликов Оценка влияния пандемииCOVID-19 на систему оказания противотуберкулёзной помощи в Российской Федерации. Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2021 г.
26. World Health Organization Coronavirus disease 2019 (COVID-19) situation report—51. World Health Organi— zation, 2020. https://www.who.int/docs/default-source/ coronaviruse/situationreports/20200311-si— trep-51-covid-19.pdf ?sfvrsnj1ba62e57_10
27. Лодягин АН, Батоцыренов БВ, Шикалова ИА, Вознюк ИА. Ацидоз и токсический гемолиз — цели патогенетического лечения полиорганной патологии при COVID-19. вестник восстановительной медицины. 2020; 97 (3): 25-30. doi:10.38025/ 2078-1962-2020-97-3-25-30
28. Dhar Chowdhury S, Oommen AM. Epidemiology of COVID-19. Journal of Digestive Endoscopy. 2020;11(1):3-7. doi:10.1055/s-0040-1712187
29. Chow EJ. The Multisystem Inflammatory Syndrome in Adults With SARS-CoV-2 Infection—Another Piece of an Expanding Puzzle. JAMA Netw Open. 2021;4(5):e2110344. doi:10.1001/jamanetworkopen.2021.10344
30. Parums DV. Editorial: Multisystem Inflammatory Syndrome in Adults (MIS-A) and the Spectrum of COVID-19. Med Sci Monit. 2021;27:e935005. doi: 10.12659/MSM.935005.
31. Legrand M, Bell S, Forni L et al. Pathophysiology of COVID-19-associated acute kidney injury. Nat Rev Nephrol. 2021;17:751–764. doi:10.1038/s41581-021-00452-0.
32. Yang X, Yu Y, Xu J et al. Clinical course and outcomes of critically ill patients with SARS-CoV-2 pneumonia in Wuhan, China: a single-centered, retrospective, observational study. Lancet Respir Med. 2020;8(5):475-81. doi:10.1016/S2213-2600(20)30079-5.
33. Sharma P, Ng JH, Bijol V, Jhaveri KD, Wanchoo R. Pathology of COVID-19-associated acute kidney injury. Clin Kidney J. 2021;14(1):30-39. doi:10.1093/ckj/sfab003.
34. Benedetti C, Waldman M, Zaza G, Riella LV, Cravedi P. COVID-19 and the Kidneys: An Update. Front Med (Lausanne). 2020;7:423. doi:10.3389/fmed.2020.00423.
35. Cummings MJ, Baldwin MR, Abrams D, et al. Epidemiology, clinical course, and outcomes of critically ill adults with COVID-19 in New York City: a prospective cohort study. Lancet. 2020;395(10239):1763-1770. doi:10.1016/S0140-6736(20)31189-2.

© Шадчнева Наталья Александровна; Благовестная Екатерина Игоревна (katy_katy1718@mail.ru);
Середа Елизавета Владимировна (liza.sereda.98@mail.ru); Энзель Дарья Анатольевна (darya.enzel@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

Наши авторы

Abramchik D. — 3rd year student, Siberian State University. M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk

Aghayev A. — graduate student, Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University

Al-Duhaidahawi Murtadha Ahmed Luti — Postgraduate, Saratov State Technical University named after Gagarin Yu.A.

Arushanyan A. — Assistant, V.I. Razumovsky Saratov SMU MOH Russia, Saratov

Askerova Ya. — Dagestan State Medical University

Atamanenko V. — Freedom Holding Corp., Chief information officer

Avdeeva Yu. — Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky (Simferopol)

Baibarin R. — Moscow State Technical University names Bauman

Bakudin G. — clinical intern, First St. Petersburg State Medical University named after Academician I.P. Pavlov,

Barsukov I. — Lecturer, ITMO National Research University (St. Petersburg)

Belov A. — Assistant, course Krasnoyarsk State Medical University named after I.I. prof. V.F. Voyno-Yasenetsky

Belova E. — Krasnoyarsk State Medical University. prof. V.F. Voyno-Yasenetsky

Belova O. — Assistant, Krasnoyarsk State Medical University named after I.I. prof. V.F. Voyno-Yasenetsky

Bikbulatov R. — Kazan State Energy University

Biskaev P. — Resident Krasnoyarsk State Medical University. prof. V.F. Voyno-Yasenetsky

Blagovestnaya E. — Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Simferopol

Bobrov D. — International Office, State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency (SRC — FMBC)

Bodunova N. — Candidate of Medical Sciences, Gastroenterologist, State Medical Institution «Moscow Clinical Scientific and Practical Center named after A.S. Loginov», Moscow

Our authors

Borisenko A. — Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky (Simferopol)

Bostrikova D. — Lecturer, ITMO National Research University (St. Petersburg)

Bozhko V. — Associate Professor, Russian Technological University — Moscow Institute of Radio Electronics and Automation, Russia, Moscow

Buzykova Yu. — Associate Professor, MIREA — Russian Technological University

Bykova S. — Candidate of Medical Sciences, Gastroenterologist, State Medical Institution «Moscow Clinical Scientific and Practical Center named after A.S. Loginov», Moscow

Chegodar A. — KLD doctor, laboratory geneticist, State Medical Institution «Moscow Clinical Scientific and Practical Center named after A.S. Loginov», Moscow

Chotchaev R. — Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky (Simferopol)

Danilov M. — Candidate of Medical Sciences, State Medical Institution «Moscow Clinical Scientific and Practical Center named after A.S. Loginov», Moscow

Demichev M. — Information Security Design Engineer, JSC NPP Radiosvyaz

Demicheva A. — Junior Research Fellow, Scientific Laboratory «Satellite Telecommunication Systems», Siberian State University. M.F. Reshetnev

Dolya E. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky (Simferopol)

Dralschikova A. — V.I. Razumovsky Saratov SMU MOH Russia, Saratov

Efremova O. — MD, Professor, Belgorod State National Research University

Enzel D. — Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Simferopol

Eremuk V. — postgraduate student, ITMO University, St. Petersburg

Frolkina K. — Assistant, V.I. Razumovsky Saratov SMU MOH Russia, Saratov

Gaipov K. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Scientific laboratory «Satellite telecommunication systems», Siberian State University. M.F. Reshetnev

Gibalov V. — Prof., Deputy General Director, Professor, Limited Liability Company «Moscow Ozonators», Russia, Moscow

Golushkov N. — Astrakhan State Technical University, Astrakhan

Goryachkin B. — candidate of technical Sciences, associate Professor, Moscow State Technical University names Bauman

Gurzhiy A. — graduate student, Belgorod State National Research University

Ignatieva M. — Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky (Simferopol)

Kardashova Z. — Graduate student, Dagestan State Technical University

Karimov I. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky (Simferopol)

Kataeva L. — Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Branch of the Samara State University of Railways, Nizhny Novgorod

Khafizov I. — Candidate of Medical Science, Associate Professor, Kazan (Volga Region) Federal University

Khafizov R. — Doctor of Medical Science, Professor, Kazan (Volga Region) Federal University

Khatkov I. — Academician of the Russian Academy of Sciences, MD, Professor, Moscow Clinical Scientific and Practical Center named after A.S. Loginov, Moscow

Kokuev A. — Astrakhan State Technical University, Astrakhan

Konnov V. — doctor of medicine, professor, V.I. Razumovsky Saratov SMU MOH Russia, Saratov

Korsa-Vavilova E. — General Director, Limited Liability Company «Moscow Ozonators», Russia, Moscow

Korshikov S. — Graduate student, Novosibirsk State University of Economics and Management; engineer, FBSI «Novosibirsk Research Institute of Hygiene»

Kovalev I. — International Office, State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency (SRC — FMBC)

Kozlov Yu. — Mechanical engineer, industrial safety expert, programmer-developer Microsoft Certified Solution Developer, author of patents for utility models and inventions in the field of ultrasound control, Siberian State Aerospace University (SibGAU); Scientific Center for Dual-use Aerospace Technologies NC «SPECTRUM», Moscow

Krikunov I. — Junior Research Fellow, Scientific Laboratory «Satellite Telecommunication Systems», Siberian State University. M.F. Reshetnev

Kulik S. — Doctor of Technical Sciences, professor, National Research Nuclear University MEPHI (Moscow Engineering Physics Institute)

Kultchiev A. — doctor of Medical Sciences, professor, North Ossetian State Medical Academy (Vladikavkaz).

Kuriaev I. — Postgraduate student, Penza State University

Kvyatkovskaya I. — Doctor of Technical Sciences, Professor, Astrakhan State Technical University

Ledyan D. — BIOTECH University, Moscow, Russia.

Lyakhova E. — Assistant, Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky. (Simferopol)

Magomedov A. — Doctor of Biology. Doctor of Sciences, Professor, Dagestan State Medical University

Malygina D. — Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky (Simferopol)

Mashina E. — Lecturer, ITMO National Research University (St. Petersburg)

Maslennikov A. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Belgorod State National Research University

Molodyakov S. — Doctor of technical Sciences, Professor, Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University

Musinova E. — cand. Biol. sci., Associate Professor, Dagestan State Medical University

Naumenko E. — Associate Professor, Russian Technological University — Moscow Institute of Radio Electronics and Automation, Russia, Moscow

Naumova N. — Lecturer, ITMO National Research University (St. Petersburg)

Obolonkova N. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Belgorod State National Research University

Okhotnikova N. — Assistant, Kursk State Medical University

Omarova N. — Assistant Professor, Dagestan State Medical University

Omarova P. — cand. Biol. sci., Associate Professor, Dagestan State Medical University

Perisaeva E. — assisstant, North Ossetian State Medical Academy (Vladikavkaz).

Pestrakova K. — Postgraduate student, Bryansk State Technical University

Pichugina E. — candidate of medical sciences, assistant professor, FSBEI HE V.I. Razumovsky Saratov SMU MOH Russia, Saratov

Pimanov A. — Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov, Neryungri

Pirogova A. — Kazan State Energy University

Plotnikov V. — Candidate of Technical Science, docent, Kazan State Energy University

Romanov M. — Assistant Lecturer, Kazan (Volga Region) Federal University

Romanova R. — Postgraduate student, Penza State University

Romashov V. — postgraduate student, ITMO University, St. Petersburg

Safarova G. — Medical Doctor Kazan (Volga Region) Federal University

Sementsov D. — PhD student, RUDN, Moscow

Semyonova T. — Head of LLC «IRIS Sm» Center for Maxillofacial and Dental Implantology «I.R.I.S.»

Semyonova Yu. — Candidate of Medical Sciences, Chief Physician of IRIS Sm LLC, Center for Maxillofacial and Dental Implantology I.R.I.S.

Sereda E. — Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Simferopol

Shadchneva N. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Simferopol

Shmelev A. — Chief Designer, Moscow Ozonators Limited Liability Company, Russia, Moscow

Starodubov O. — Senior Lecturer, Belgorod State National Research University; Doctor for the REDiL OGBUZ Belgorod Regional Clinical Hospital of St. Joasaph

Strizhkov V. — Postgraduate student, Financial University under the Government of the Russian Federation (Moscow)

Sukhova M. — International Office, State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency (SRC — FMBC)

Tomashevskiy Yu. — Doctor of Technical Sciences, Professor, Yu.A. Gagarin Saratov State Technical University

Tran Quoc Toan — Candidate of Technical Sciences; Astrakhan State Technical University

Trusov I. — Candidate of Medical Sciences, Cardiologist at the Department of Cardiovascular Surgery of the Research Institute of Surgery and Emergency Medicine, Assistant of the Department of Faculty Therapy with a Course of Endocrinology, Cardiology and Functional Diagnostics with Clinic PSPbGMU im. I.P. Pavlova

Vo Thi Huyen Trang — Postgraduate Student, Astrakhan State Technical University

Yatskov I. — Candidate of Medical Sciences, Assistant Professor, Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky (Simferopol)

Zavialov A. — International Office, State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency (SRC — FMBC)

Zufarova A. — Senior lecturer, Pacific National University

Zyulkina L. — Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Penza State University

Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале

Для публикации научных работ в выпусках серий научно-практического журнала "Современная наука: актуальные проблемы теории и практики" принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе "Антиплагиат".

За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Редакционная коллегия оста вляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно-практический журнал "Современная наука: актуальные проблемы теории и практики" проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

Правила оформления текста.

- Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением ".doc", или ".rtf", шрифт 14 Times New Roman.
- Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускается.
- Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- Литература составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Правила написания математических формул.

- В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

Правила оформления графики.

- Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные - 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» (e-mail: redaktor@nauteh.ru).