

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№1 2023 (ЯНВАРЬ)

Учредитель журнала
Общество с ограниченной ответственностью
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Журнал издается с 2011 года.

Редакция:

Главный редактор
А.В. Царегородцев
Выпускающий редактор
Ю.Б. Миндлин

Подписной индекс издания
в каталоге агентства «Пресса России» — 80016
В течение года можно произвести подписку
на журнал непосредственно в редакции.

Издатель:

Общество с ограниченной ответственностью
«Научные технологии»

Адрес редакции и издателя:
109443, Москва, Волгоградский пр-т, 116-1-10
Тел/факс: 8(495) 142 8681
E-mail: redaktor@nauteh.ru
<http://www.nauteh-journal.ru>

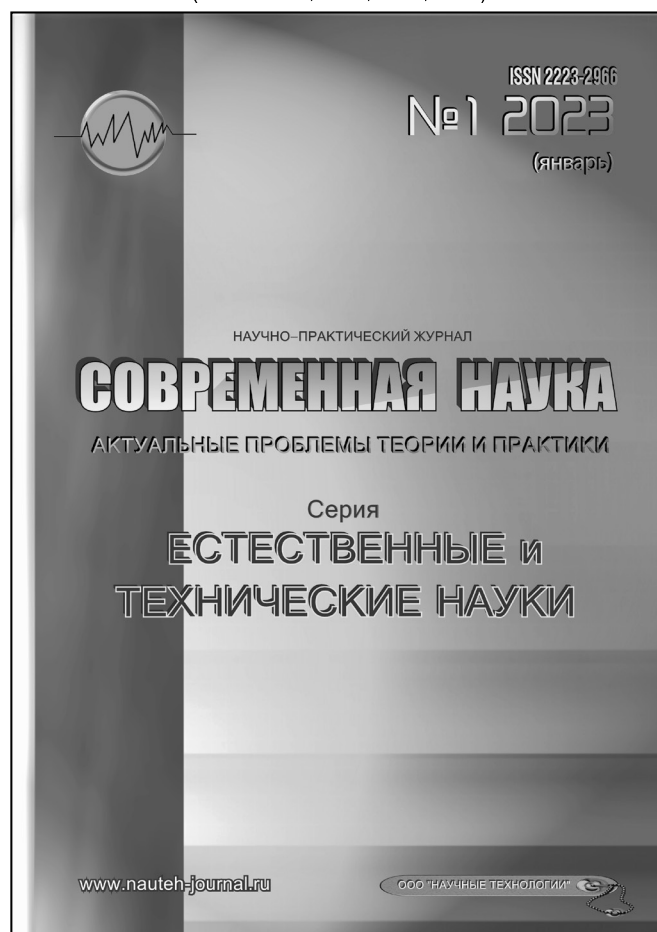
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(BAK – 1.2.2, 1.5.x, 2.3.x, 3.1.x)



В НОМЕРЕ:

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

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

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

Журнал отпечатан в типографии
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296
Подписано в печать 20.01.2023 г. Формат 84x108 1/16
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



Редакционный совет

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Общая биология

Биттуева М.М., Дзамихова А.З. — Анализ полиморфизмов генов антиоксидантной защиты SOD1 b SOD2 у больных раком молочной железы в Кабардино-Балкарии
Bittueva M., Dzamikhova A. — Analysis of polymorphism of antioxidant protection genes SOD1 b SOD2 in patients with breast cancer in Kabardino-Balkaria 7

Галимова Э.М., Галикеева Г.Ф., Галимов А.М., Батршина Р.И., Мустафина С.Р. — Изучение отзывчивости на действие иммуномодулятора растительного происхождения у лиц с различным генетическим статусом по генам семейства интерлейкин-1
Galimova E., Galikeeva G., Galimov A., Batrshina R., Mustafina S. — Study of responsibility to the effect of an immunomodulator of plant origin in persons with different genetic status on the genes of the interleukin-1 family 13

Ерёмина О.Ю., Любская О.Г. — Реализация экологических стратегий в сфере мониторинга стационарных объектов железнодорожной инфраструктуры: сравнение опыта России и Китая
Eryemina O., Lyubskaya O. — Implementation of environmental strategies in the field of monitoring stationary railway infrastructure facilities: comparison of the experience of Russia and China. 17

Ерёмина О.Ю. — Воздействие стационарных объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта на окружающую среду: обоснование критерия аварийности
Eryemina O. — The impact of stationary railway infrastructure facilities on the environment: justification of the accident criterion 24

Кулясова О.А. — Экологический состав травяного яруса березовых колков в северной лесостепи Тюменской области
Kulyasova O. — Ecological composition of the herbal layer of birch poles in the northern forest-steppe of the Tyumen region 28

Тяптурганов М.М. — Тяжелые металлы в экосистеме реки Колыма
Tyaptirgyanov M. — Heavy metals in the Kolyma river ecosystem. 33

Информатика, вычислительная техника и управление

Афанасьев С.Д., Воронин Т.В., Черевков С.С. — Влияние технологий больших данных на достижение целей устойчивого экологического развития
Afanasyev S., Voronin T., Cherevko S. — The impact of big data technologies on achieving sustainable environmental development goals 38

Афанасьев С.Д., Тростьянский С.С., Воронин Т.В., Раков Д.А. — Рыночные перспективы коммерциализации программного обеспечения медицинского назначения, основанного на облачных технологиях и алгоритмах искусственного интеллекта, в странах Ближнего Востока и Африки
Afanasyev S., Trostianskiy S., Voronin T., Rakov D. — Market prospects for commercialization of medical software based on cloud technologies and artificial intelligence algorithms in the Middle East and Africa. 44

Волхонская Е.Е., Орлов С.П. — Модель стратегии каннибализации при техническом обслуживании роботизированных автомобилей
Volkhonskaia E., Orlov S. — Cannibalization strategy model for robotic vehicle maintenance 52

Воронин Т.В., Долбунова Д.Д., Коврова Е.С., Шитов Е.А. — Мировые практики разработок технологий цифровых двойников в сфере железнодорожного транспорта
Voronin T., Dolbunova D., Kovrova E., Shitov E. — Global practices of digital twin technology development in the field of railway transport 57

Высотин О.В., Высотин А.О., Кулешов А.И., Федорова В.А., Зеленцова Е.В. — Современные реалии защиты облачных сервисов <i>Vysotin O., Vysotin A., Kuleshov A., Fedorova V., Zelentsova E.</i> — Modern realities of protection of cloud services61	Ефимова Ю.В., Теплых Л.В. — Программный комплекс для повышения эффективности усвоения студентами IT-специальностей профессиональной английской лексики <i>Efimova Yu., Teplykh L.</i> — A software package to improve the efficiency of mastering professional English vocabulary by students of IT specialties103
Георгиева М.А., Ксенофонтов А.С., Блиева О.З., Дзамихова Ф.Х., Езаова Б.З., Тлепшева Д.А. — Разработка калькулятора для решения систем линейных алгебраических уравнений <i>Georgieva M., Ksenofontov A., Blieva O., Dzamikhova F., Ezaova B., Tlepshева D.</i> — Development of a calculator for solving systems of linear algebraic equations68	Игумнов А.Ю. — Об одном способе исследования семейств точек в задаче вычисления степени невырожденности симплекса <i>Igumnov A.</i> — On one method of investigating families of points in the problem of calculating the degree of non-degeneracy of a simplex109
Глазков А.В., Джюева И.К., Рытиков Г.О. — Количественная оценка продолжительности реализации типового информационно-технологического проекта, реализуемого в рамках программы цифровой трансформации системы управления аграрно-промышленным комплексом республики Южная Осетия <i>Glazkov A., Dzhiyeva I., Rytikov G.</i> — Quantitative assessment of a deadline for a typical information technology project implemented within the framework of the digital transformation of the republic of South Ossetia agricultural and industrial complex77	Корниенко Д.В., Иванников И.С. — Практическая реализация облачного хранилища и процессов обмена данными через него <i>Kornienko D., Ivannikov I.</i> — Practical implementation of cloud storage and data exchange processes through it115
Гончаров А.В., Яшин Д.Д., Братцев К.Е. — Автоматизированная система управления производственными процессами ресторана на основе microsoft access, работающая в режиме клиент-серверного приложения <i>Goncharov A., Yashin D., Brattsev K.</i> — Automated system for restaurant process control based on microsoft access, operating in client-server application mode85	Корниенко Д.В., Петраков Н.С. — Моделирование и реализация распределенной системы хранения данных <i>Kornienko D., Petrakov N.</i> — Modeling and implementation of distributed storage systems123
Гончаров А.В., Братцев К.Е., Тучкина Л.К. — Автоматизированная система асептической индивидуальной упаковки мучных изделий <i>Goncharov A., Tuchkina L., Brattsev K.</i> — Automated system for aseptic individual packaging of pasta products94	Кувыкин В.И., Балашов Р.Д., Ибулаев Р.Г., Мелешкевич М.А. — Эффективность согласования данных материального баланса в нефтепереработке <i>Kuvykin V., Balashov R., Ibulaev R., Meleshkevich M.</i> — Data reconciliation efficiency for refinery material balance130
	Монахов М.Ю., Уймин А.Г. — Инфраструктура JSON Web Token. Инфраструктура защиты <i>Monakhov M., Uymin A.</i> — JSON Web Token infrastructure. Security infrastructure136
	Приходько Д.И. — Взаимосвязь жизненных циклов операционной системы и микропроцессора применительно к операции понижения разрядности вычислений <i>Prikhodko D.</i> — Relationship of life cycles of operating system and microprocessor in relation to operation of computation reduction.142

Староверов И.Н., Кузьмин В.И. — Анализ почти-пропорциональных характеристик временных рядов на основе класса сдвиговых функций <i>Staroverov I., Kuzmin V.</i> — Analysis of almost proportional characteristics of time series based on a class of shift functions150	Коростелев А.М., Терешин О.С., Булынский Д.Н., Самылов В.В. — Опыт применения двойной блокады HER2 рецептора в неoadъювантном режиме при лечении рака молочной железы в отделении опухолей молочной железы ГАУЗ «ЧОКЦОияМ» <i>Korostelev A., Tereshin O., Bulynsky D., Samylov V.</i> — Experience in the use of double blockade of the HER2 receptor in neoadjuvant mode in the treatment of breast cancer in the department of breast tumors of the Chelyabinsk Regional Clinical Center of Oncology and Nuclear Medicine183
Ураков А.Р., Поречный С.С. — Реализация системы управления высокой сложности. Подходы и условия <i>Urakov A., Porechny S.S.</i> — Implementation of a high complexity control system. Approaches and conditions161	Лазарева Н.В., Бугрова О.В., Мирошниченко И.В., Артемова Н.Э., Иванов К.М., Нагорнова К.А. — Изменение функциональной активности эндотелия у больных волчаночным нефритом, как признак субклинического атеросклероза <i>Lazareva N., Bugrova O., Miroshnichenko I., Artemova N., Ivanov K., Nagornova K.</i> — Changes in the functional activity of the endothelium in patients with lupus nephritis as signs of subclinical atherosclerosis194
Чувашов А.А., Кожевникова П.В., Мушинский В.Л. — Применение элементов теории нечеткого моделирования в задачах контроля технического состояния узлов и агрегатов автотранспортных средств <i>Chuvashov A., Kozhevnikova P., Mushinsky V.</i> — Application of elements of the theory of fuzzy modeling in the tasks of monitoring the technical condition of components and assemblies of motor vehicles166	Лобанов Ю.С., Шаповалов К.Г., Лобанов С.Л., Лобанов Л.С. — Реакции сосудисто-тромбоцитарного гемостаза в условиях гипертензии в забрюшинном пространстве при хирургических операциях <i>Lobanov Yu., Shapovalov K., Lobanov S., Lobanov L.</i> — Reactions of vascular-platelet hemostasis in conditions of hypertension in the retroperitoneal space during surgical operations200
Шагвалиев Р.М. — Управление проектами и рисками в рамках обеспечения экономической безопасности государства предприятий топливно- энергетического комплекса <i>Shagvaliev R.</i> — Project and risk management within the framework of ensuring the economic security of the state of the fuel and energy complex enterprises172	Ловпаче З.Н., Бачиева Ф.Р., Тутуков А.Б., Абазова И.С., Теувов А.А., Захохов Р.М. — Лечение стеноза трахеи и бронхов <i>Lovpache Z., Bachieva F., Tutukov A., Abazova I., Teuvov A., Zakhokhov R.</i> — Treatment of tracheal and bronchial stenosis205
Клиническая медицина	
Ачабаева А.Б., Гузеев О.В., Хасауова А.С., Керттов А.Б., Хурзокова Р.А. — Последствия перенесенной коронавирусной инфекции для дыхательной системы и методы их коррекции <i>Achabayeva A., Guzeev O., Khasauova A., Kertov A., Khurzokova R.</i> — The consequences of a coronavirus infection for the respiratory system and methods for their correction176	Ляпина С.А., Семелева Е.В., Ванякина О.В. — Заболевания желудочно-кишечного тракта у детей школьного возраста: проблема нерационального питания <i>Lyapina S., Semeleva E., Vanyakina O.</i> — Diseases of the gastrointestinal tract in school-age children: the problem of irrational nutrition211
Гавриленко А.В., Е Хаожань, Сарханидзе Я.М. — Особенности хирургического лечения больных с КИНК при сахарном диабете <i>Gavrilenko A., Ye Haoran, Sarkhanidze Y.</i> — Features of surgical treatment of patients with CLLI with diabetes mellitus179	

<i>Микляев С.В., Сальников А.Н., Леонова О.М., Кудрявцева А.И.</i> — Стоматологическое просвещение и гигиена полости рта у пациентов, находящихся на ортодонтическом лечении. мотивация пациентов при лечении <i>Miklyayev S., Salnikov A., Leonova O., Kudryavtseva A.</i> — Dental education and hygiene oral hygiene in patients, patients undergoing orthodontic treatment. patient motivation during treatment217	<i>Фофанова Т.В., Суботников М.В., Королев С.А., Агеев Ф.Т.</i> — Пациент после коронарного шунтирования: проблема приверженности к медикаментозной терапии <i>Fofanova T., Subotnikov M., Korolev S., Ageev F.</i> — A patient after coronary bypass surgery: the problem of adherence to drug therapy.240
<i>Мужиков С.П., Еременко М.Ю., Барышев А.Г.</i> — Бариатрическая хирургия как фундаментальный метод лечения морбидного ожирения <i>Muzhikov S., Eremenko M., Baryshev A.</i> — Bariatric surgery as a fundamental method for the treatment of morbid obesity223	<i>Целкович Л.С., Балтер Р.Б., Ибрагимова А.Р., Иванова Т.В., Блажнова Е.М., Оганисян А.Т.</i> — Анализ биомаркеров у женщин с «малыми формами» наружного эндометриоза <i>Tselkovich L., Balter R., Ibragimova A., Ivanova T., Blazhnova E., Ohanisyan A.</i> — Biomarker analysis in women with “small forms” of external endometriosis.246
<i>Петрова О.М., Петрова М.В.</i> — Алгоритм проведения нутритивной поддержки больным генерализованными формами рака желудочно-кишечного тракта <i>Petrova O., Petrova M.</i> — Algorithm of nutritional support for patients with generalized forms of gastrointestinal cancer227	<i>Шахнович В.А., Шахнович Р.В., Сальников И.С.</i> — Деменция. Дифференцированная диагностика и персонализированный подход к лечению <i>Shakhnovich V., Shakhnovich R., Salnikov I.</i> — Dementia. Differentiated diagnosis and personalized approach to treatment250
<i>Сигал З.М., Сурнина О.В., Фаррахов А.М.</i> — Новые феномены в сердечно-сосудистой системе в норме, моделировании патологии и атеросклерозе <i>Sigal Z., Surnina O., Farrakhov A.</i> — New phenomena in the cardiovascular system in norm, pathology modeling and atherosclerosis233	Информация Наши авторы. Our Authors257
	Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале262

АНАЛИЗ ПОЛИМОРФИЗМОВ ГЕНОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ SOD1 В SOD2 У БОЛЬНЫХ РАКОМ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ

ANALYSIS OF POLYMORPHISM OF ANTIOXIDANT PROTECTION GENES SOD1 В SOD2 IN PATIENTS WITH BREAST CANCER IN KABARDINO-BALKARIA

**M. Bittueva
A. Dzamikhova**

Summary. Excess formation of reactive oxygen species (ROS) and disruption of the antioxidant system of the cell lead to the development of various pathological conditions of the body, including malignant neoplasms. Increased production of reactive oxygen species in cancer cells as a result of oncogenic signaling and metabolic disorders leads to increased cellular antioxidant capacity to maintain ROS levels below the toxic threshold.

The main components of antioxidant protection are the enzymes catalase (CAT), superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GP), glutathione transferase (GSTM, GSTP), etc. Superoxide dismutase is found in all aerobic organisms and is present in two types — SOD1 and SOD2. Superoxide dismutase is involved in the protection of cells from the damaging effects of the superoxide anion radical and is the main component of the cell's antioxidant system.

In this work, we studied the role of polymorphic variants of the antioxidant protection genes SOD1 (G7958A) and SOD2 (Ala16Val) in the development of malignant neoplasms in patients with breast cancer in the population of Kabardino-Balkaria. Also, the purpose of our study is to analyze scientific data on the participation of SOD1 and SOD2 gene products in the development of oncopathologies in different population groups.

The study of the antioxidant system in cancer cells is also an urgent task, since one of the important areas of oncology is the development of an anticancer strategy that combines the use of drugs that cause high levels of ROS with compounds that suppress the cellular antioxidant capacity.

Keywords: antioxidant system, reactive oxygen species, superoxide dismutase, Cu/Zn-SOD1, Mn-SOD2, gene polymorphism.

Биттуева Мадина Мухаматовна

Кандидат биологических наук, Кабардино-Балкарский Государственный университет
им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик
madbi@mail.ru

Дзамихова Альбина Заурбиевна

Кабардино-Балкарский Государственный университет им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик
Khazhirokova.alya@mail.ru

Аннотация. Избыточное образование активных форм кислорода (АФК) и нарушение антиоксидантной системы клетки ведут к развитию различных патологических состояний организма, в том числе, и к злокачественным новообразованиям. Повышенная продукция активных форм кислорода в раковых клетках в результате онкогенной передачи сигналов и метаболических нарушений приводит к усилению клеточной антиоксидантной способности поддерживать уровни АФК ниже токсического порога.

Главными компонентами антиоксидантной защиты являются ферменты каталаза (CAT), супероксиддисмутаза (SOD), глутатионпероксидаза (GP), глутатионтрансфераза (GSTM, GSTP) и др. Супероксиддисмутаза обнаружена во всех аэробных организмах, и представлена в двух типах — SOD1 и SOD2. Супероксиддисмутаза участвует в защите клетки от повреждающего действия супероксидного анион-радикала и является главным компонентом антиоксидантной системы клетки.

В данной работе изучена роль полиморфных вариантов генов антиоксидантной защиты SOD1 (G7958A) и SOD2 (Ala16Val) в развитии злокачественных новообразований у больных раком молочной железы в популяции Кабардино-Балкарии. Также целью нашего исследования является анализ научных данных об участии продуктов генов SOD1 и SOD2 в развитии онкопатологий в разных популяционных группах.

Изучение антиоксидантной системы в раковых клетках также является актуальной задачей, так как одно из важных направлений онкологии — развитие противораковой стратегии, сочетающей применение препаратов, вызывающие высокие уровни АФК с соединениями, которые подавляют клеточную антиоксидантную способность.

Ключевые слова: антиоксидантная система, активные формы кислорода, супероксиддисмутаза, Cu/Zn-SOD1, Mn-SOD2, полиморфизм генов.

Введение

Установлено, что раковые клетки характеризуются повышенным уровнем активных форм кислорода (АФК), которые продуцируются в основном митохондриями. АФК образуется в норме в ходе реакций окислительного фосфорилирования, в процессе клеточного метаболизма. Избыточная продукция активных форм кислорода в опухолевых клетках необходима для клеточной пролиферации и роста. Также установлено участие АФК в регулировании сигнальных механизмов нормальной физиологической реакции. В зависимости от концентрации уровня АФК они могут играть разную роль в развитии рака: низкие концентрации вызывают распространение клеточного сигнала, высокие дозы активизируют процессы апоптоза.

Эволюция аэробного дыхания митохондриями увеличила роль супероксиддисмутаз в регуляции нормальной работы клетки. Главными компонентами антиоксидантной защиты являются ферменты каталаза (CAT), супероксиддисмутаза (SOD), глутатионпероксидаза (GP), глутатионтрансферазы (GSTM, GSTP) и др [1,2]. Любое изменение в работе данных ферментов может привести к возникновению оксидативного стресса и накоплению в клетке свободных радикалов, которые вызывают повреждение мембран клетки, органелл и тканей, что в свою очередь ведет к развитию воспалительного процесса. При этом повышается частота возникновения мутаций, так как в результате действия свободных радикалов, вступающих в химическую реакцию с ДНК, происходит образование ДНК-аддуктов, аналогов оснований, и/или другие нарушения ее структуры. Мутации, возникшие в соматических клетках, могут привести в процессе канцерогенеза к развитию спорадических форм рака. Мутации, возникшие в половых клетках, передаются по наследству, что может привести к появлению наследственных форм опухолей.

Постоянная генерация АФК во время нормально-клеточного метаболизма обычно сбалансирована утилизацией их антиоксидантной системой. Дисбаланс между производством АФК и антиоксидантной защитой приводит к повышению уровня АФК, вызывая окислительный стресс, что приводит к появлению злокачественности. Активными формами кислорода называют молекулы или ионы, образованные неполным одноэлектронным восстановлением — это супероксиды, пероксиды, гидроксильный радикал, синглетный кислород, которые вызывают различные сбои в работе клетки, в том числе нарушая передачу сигнала и экспрессию генов, что может приводить к неконтролируемой пролиферации.

Одним из ключевых ферментов антиоксидантной системы организма является фермент супероксиддисмутаза Cu/Zn (SOD1). Белок, кодируемый геном SOD1, связывает ионы меди и цинка и является одним из двух изоферментов, ответственных за разрушение свободных супероксидных радикалов в организме. Кодируемый изофермент представляет собой растворимый цитоплазматический белок, действующий как гомодимер для превращения встречающихся в природе, но вредных супероксидных радикалов в молекулярный кислород и перекись водорода. Другой изофермент представляет собой митохондриальный белок. Кроме того, этот белок содержит антимикробный пептид, проявляющий антибактериальную и противогрибковую активность [3].

Ген SOD2 (MnSOD) является членом семейства железо/марганцевой супероксиддисмутазы. Он кодирует митохондриальный белок, который образует гомотетрамер и связывает один ион марганца на субъединицу. Этот белок связывается с супероксидными побочными продуктами окислительного фосфорилирования и превращает их в перекись водорода и двухатомный кислород. Дисмутаза SOD2 локализуется в матриксе. Мутации в этом гене связаны с идиопатической кардиомиопатией, преждевременным старением, спорадическими заболеваниями двигательных нейронов и раком [4,5,6].

Важной задачей стоящей перед онкологией, является изучение механизмов работы антиоксидантной системы. В перспективе науки использование молекул Cu/Z-SOD1 и Mn-SOD2 в форме генной терапии, либо синтез молекул, имитирующих активность супероксиддисмутазы, для контроля уровня АФК ниже токсичного порога.

К настоящему времени накоплено много информации, указывающих на роль полиморфизма генов антиоксидантной защиты в развитии злокачественных новообразований. Как известно, наличие этнических особенностей влияет на характер получаемых результатов в силу эффекта основателя (founder-мутации), что подчеркивает важность проводимых популяционных исследований в этой области.

Цель исследования

В данной работе изучена роль полиморфных вариантов генов антиоксидантной защиты SOD1 (G7958A) и SOD2 (Ala16Val) в развитии рака молочной железы в популяции Кабардино-Балкарии. Также целью нашего исследования является анализ научных данных об участии продуктов генов SOD1 и SOD2 в развитии онкопатологий в разных популяционных группах.

Таблица 1. Праймеры, используемые для генотипирования.

Однонуклеотидные полиморфизмы		Праймеры
rs4998557	Forward	5'-CGGTGTGGTGTGGATGTTGTG-3'
	Reverse	5'-GCCCCAGGAGAGGACTGATT-3'
	SF	5'-TTTTTTTTTTTTTCCATTACCTGAATGGCTATACTGCTT-3'
rs4880	Forward	5'-CGGGCTGTGCTTTCTCGTCTT-3'
	Reverse	5'-GCCAACGCCTCCTGGTACTTC-3'
	SR	5'-TTTTGGAGCCCAGATACCCCAAA-3'

* SF — Single-base extension forward SR — Single-base extension reverse.

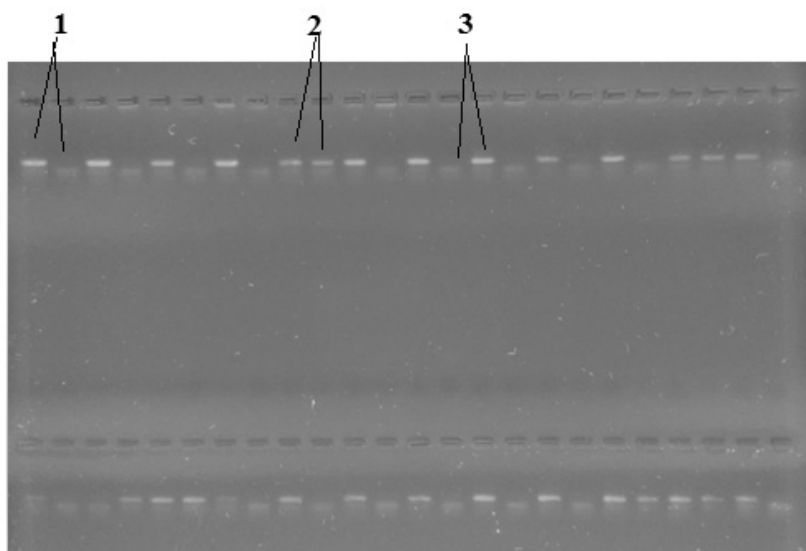


Рис. 1. Электрофореграмма анализа Ala16Val полиморфизма гена SOD2 у больных раком молочной железы. 1- генотип Ala/Ala, 2-Ala/Val, 3- Val/Val

Материалы и методы

Полиморфизмы генов супероксиддисмутазы меди-цинка (SOD1, CuZn-SOD)-G7958A (rs4998557) и супероксиддисмутазы марганца (SOD2, Mn-SOD)-Val16Ala (rs4880) были генотипированы с помощью аллель-специфичной полимеразной цепной реакции у 75 женщин с диагнозом рак молочной железы и 50 человек здоровой контрольной группы.

Для анализа полиморфных вариантов изучаемых генов SOD1 и SOD2 была использована периферическая кровь участниц эксперимента, собранная на базе ГБУЗ «Онкологический диспансер» МЗ КБР. Для выделения ДНК использовались наборы Diatom DNA Preb 100

(ООО «Изоген»), а также экстракцию ДНК проводили с помощью набора реагентов «QIAamp DNA Blood Mini Kit» (производитель — фирма «Qiagen», Германия). Аллельные варианты (табл. 1) изучались методом полимеразной цепной реакции, с последующей детекцией продуктов в электрофорезном геле (рис. 1). В контрольной и опытной группе были исследованы три этнические группы, проживающие в Кабардино-Балкарии (кабардинцы, балкарцы и русские).

Результаты исследования и обсуждение

Данные генотипирования полиморфного варианта G7958A гена SOD1 представлены в таблице 2.

Таблица 2. Частоты генотипов по полиморфизму G7958A гена SOD1 в популяционных выборках больных РМЖ и здоровых лиц.

Группа	Генотип	Частота% — (абс. цифры)
Больные РМЖ	GG	82,6% (62 чел.)
	GA	14,6% (11 чел.)
	AA	2,6% (2 чел.)
Здоровые	GG	86,0% (43 чел.)
	GA	12,0% (6 чел.)
	AA	2,0% (1 чел.)

Таблица 3. Частоты генотипов по полиморфизму Ala16Val гена SOD2 в популяционных выборках больных РМЖ и здоровых лиц.

Группа	Генотип	Частота% — (абс. цифры)
Больные РМЖ	Ala/Ala	29,3% — (22 чел.)
	Ala/Val	33,3% — (25 чел.)
	Val/Val	37,3% — (28 чел.)
Здоровые	Ala/Ala	58,0% (29 чел.)
	Ala/Val	22,0% (11 чел.)
	Val/Val	20,0% (10 чел.)

В опытной группе были выявлены частоты анализируемых генотипов. Так гетерозиготных носителей мутантного аллеля А (GA) — 14,6% (11 человек), частота генотипа GG — 82,6% (62 человека), частота гомозиготного мутантного аллеля AA — 2,6% (2 человека). По данным таблицы были рассчитаны частоты аллелей (согласно распределению Харди-Вайенберга) и было установлено, что частота аллеля G — 90%, частота аллеля A — 10%

В контрольной группе частота генотипа GG — 86,0% (43 человека), гетерозиготного генотипа GA 12% (6 человек) и гомозиготного мутантного генотипа AA — 2,0% (1 человек).

Таким образом можно отметить, что частота гетерозиготного фенотипа GA чаще встречалась в группе больных РМЖ (14,6%), в то время как в контрольной группе преобладали гомозиготные варианты аллеля дикого типа GG (86,0%).

Согласно литературным данным полиморфизмы супероксиддисмутазы меди-цинка (SOD1, CuZn-SOD)-

G7958A (rs4998557) и супероксиддисмутазы марганца (SOD2, Mn-SOD)-Val16Ala (rs4880) были изучены в работе Jian-Feng Yi и др у больных с раком желудка и доказана их взаимосвязь с развитием злокачественных новообразований [6].

Также аллель G7958A гена SOD1 была изучена у людей с рожистым воспалением и стрептококковой инфекцией и было установлено, что наличие аллелей SOD1 — G7958, SOD2 — T2734 и CAT C262 было связано с предрасположенностью к данному заболеванию [7]. Аллели G и A SOD1 G7958A по отдельности были связаны с локализацией инфекции в нижних конечностях и верхних частях тела соответственно.

В таблице 3 представлены данные генотипирования по полиморфному варианту гена SOD2 Ala16Val.

Анализ частот аллелей показал, что в гене SOD2 у больных раком молочной железы преобладает генотип Val/Val — 37,3%. Генотип Ala/Val — 33,3%. Меньше всего распространенность генотипа Ala/Ala — 29,3%

(табл. 3). По данным таблицы, можно отметить, что в опытной группе частота аллеля Ala — 52%, частота аллеля Val — 58%

В контрольной группе преобладал генотип Ala/Ala — 58,0%, далее Ala/Val — 22,0%, и гомозиготный генотип Val/Val — 20,0%. Гомозиготный генотип дико-го типа Ala/Ala среди контрольной группы встречался чаще всего (58,0%).

Таким образом можно отметить, что распространенность мутантного гетерозиготного генотипа (Ala/Val) и гомозиготного мутантного генотипа (Val/Val) в опытной группе значительно выше, чем среди контрольной группы. В наших исследованиях отмечена повышенная частота генотипа Val/Val (37,3%) в опытной группе в сравнении с другими анализируемыми генотипами.

Установлено, что при замене аминокислоты аланин на валин (к чему приводит однонуклеотидная замена цитозина на тимин) снижается функциональная активность белка SOD2, так как меняется его местоположение в митохондриях, повреждается участок, отвечающий за связывание с митохондрией и дальнейшей транспортировки фермента в митохондриальный матрикс [8]. Функциональный полиморфизм, при котором происходит замена аминокислот изменяет конформацию белковой молекулы. В результате мутации активность фермента снижается на 30–40% по сравнению с нормальным неповрежденным белком.

Анализируя литературные данные, было установлено что, среди жительниц Чеченской популяции в группе больных с раком молочной железы преобладали гетерозиготные носители Ala/Val — 54,37%, генотип Ala/Ala — 16,99%, генотип Val/Val — 28,64%. Однако данные различия носили статистически недостоверный характер [9]

Было проведено сравнение частот встречаемости аллелей генотипов гена SOD2 Ala16Val в европейской и монголоидной популяциях, среди здоровых лиц [10]. В данной работе установлено что аллель Ala встречается на 15% чаще среди европейской популяции, чем в монголоидной. Также обнаружено, что генотип Ala/Ala на 20% был чаще отмечен у европейцев, тогда как

для монголоидной популяции характерно преобладание на 10% генотипов Ala/Val и Val/Val.

Таким образом, полученные частоты генотипов для полиморфных вариантов изученных генов в настоящей работе близки к значениям в других европейской популяциях для всех этнических групп.

Заключение

Супероксиддисмутаза (SOD) играет важную роль в антиоксидантной защите клетки от свободных радикалов. Существуют две основные формы фермента — Cu/Zn — SOD1, так называемая медно-цинковая супероксиддисмутаза, локализованная преимущественно в цитоплазме и межмембранном пространстве митохондрий, и Mn — SOD2 марганцевая супероксиддисмутаза, локализована преимущественно в матриксе митохондрий. Антиоксидантная защита клетки обеспечивает снижение уровня активных форм кислорода, которые образуются в процессе метаболизма и нормальных физиологических процессов. При изменении активности ферментов антиоксидантной защиты происходит повышение уровня АФК, вызывая окислительный стресс в клетке. Структура и функция белков системы антиоксидантной защиты может быть изменена в результате генетического полиморфизма, приводящего к появлению мутантных генотипов.

Согласно литературным данным чаще всего изучены полиморфизмы G7958A гена SOD1 и Ala16Val гена SOD2, которые также доказано связаны с развитием злокачественных новообразований.

В наших исследованиях были изучены данные полиморфизмы у жительниц Кабардино-Балкарской республики с заболеванием рак молочной железы. Были установлены повышенные частоты носительства мутантных генотипов в опытной группе, в сравнении с контрольной группой, что указывает на их взаимосвязь с развитием злокачественных новообразований. Изучение полного спектра полиморфизма генов антиоксидантной системы, включая также фермент каталазу (CAT) будет продолжена на популяции Кабардино-Балкарии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Trist B.G., Hilton J.B. Hare D.J. Crouch P.J. et al. Superoxide Dismutase 1 in Health and Disease: How a Frontline Antioxidant Becomes Neurotoxic. *Angew Chem Int Ed Engl.* 2021. vol.60 no. 17. P. 9215–9246.
2. Даурова Л.В., Биттуева М.М., Боготова З.И., Джамбетова П.М., Паритов А.Ю., Гидова Э.М., Хандохов Т.Х., Ситников М.Н. Изменчивость в гене GSTP1 у больных раком молочной железы в Кабардино-Балкарии. //Современные проблемы науки и образования. 2016. № .6, URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=25831> (01.11.2022).
3. Papa L., Manfredi G., Germain D. SOD1, an unexpected novel target for cancer therapy. *Genes Cancer.* 2014. vol. 5 no. (1–2). P. 15–21.

- Han L., Suk S.W., Yoon J.H., Park Y.G., et al., https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Choi+YJ&cauthor_id=23030347 Association of SOD1 and SOD2 single nucleotide polymorphisms with susceptibility to gastric cancer in a Korean population. *Acta pathologica, microbiologica, et immunologica scandinavica* (Denmark). 2013. vol. 121. no.3. P. 246–256.
- Li-Feng Zhang, Kai Xu, Bo-Wen Tang, Wei Zhang, Wei Yuan, Chuang Yue, Li Shi, Yuan-Yuan Mi, Li Zuo, Li-Jie Zhu. Association between SOD2 V16A variant and urological cancer risk. *Aging* (Albany NY). 2020. vol. 12. no.1. P. 825–843.
- Jian-Feng Yi 1, Yu-Min Li, Tao Liu, Wen-Ting He, Xun Li, Wen-Ce Zhou, Shi-Liang Kang, Xiang-Ting Zeng, Jun-Qiang Zhang. Mn-SOD and CuZn-SOD polymorphisms and interactions with risk factors in gastric cancer. *World J Gastroenterol*. 2010. vol. 16. no. 37. P. 4738–4746.
- Emene C.C., Kravchenko I.E., Aibatova G.I., Rizvanov A.A. Analysis of Serum Cytokines and Single-Nucleotide Polymorphisms of SOD1, SOD2, and CAT in Erysipelas Patients. *J Immunol Res*. 2017. vol.3. P. 1–14.
- Miar A., Hevia D., Muñoz-Cimadevilla H., Astudillo A., Velasco J., Sainz R.M., Mayo J.C. Manganese superoxide dismutase (SOD2/MnSOD)/catalase and SOD2/GPx1 ratios as biomarkers for tumor progression and metastasis in prostate, colon, and lung cancer. *Free Radic. Biol. Med*. 2015. vol. 85. P. 45–55.
- Бисултанова З.И., Ацаева М.М., Джамбетова П.М. Роль полиморфных вариантов SOD2, GSTT1, GSTM1 и GSTP1 в развитии рака молочной железы у женщин чеченской популяции // Вестник Самарского университета. Естественная серия. 2016. № 1–2. С. 85–90.
- Колесникова Л.И., Баирова Т.А., Первушина О.А. Распространенность полиморфизма ALA16VAL гена SOD2 в выборках монголоидов и европеоидов, проживающих на территории Восточной Сибири // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2014. № 2(96). С. 29–31.

© Биттуева Мадина Мухаматовна (madbi@mail.ru), Дзамихова Альбина Заурбиевна (Khazhirova.alya@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ИЗУЧЕНИЕ ОТЗЫВЧИВОСТИ НА ДЕЙСТВИЕ ИММУНОМОДУЛЯТОРА РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ У ЛИЦ С РАЗЛИЧНЫМ ГЕНЕТИЧЕСКИМ СТАТУСОМ ПО ГЕНАМ СЕМЕЙСТВА ИНТЕРЛЕЙКИН-1

STUDY OF RESPONSIBILITY TO THE EFFECT OF AN IMMUNOMODULATOR OF PLANT ORIGIN IN PERSONS WITH DIFFERENT GENETIC STATUS ON THE GENES OF THE INTERLEUKIN-1 FAMILY

E. Galimova
G. Galikeeva
A. Galimov
R. Batrshina
S. Mustafina

Summary. In this work, we studied the dynamics of changes in the cytokine profile of pro- and anti-inflammatory series (IL-1 β , IL1RA, IL2, IL4, IL-6, IL10, α -TNF and CRP) under: activation of whole blood cells by a mitogen ex vivo and the action of a plant immunomodulator origin of «Echinacea» in healthy individuals with different genetic status for the genes of the family of cytokines interleukin-1 (IL-1 β (rs1143634), IL1RA(VNTR in intron 2), IL1R1(rs2287047)).

Among the examined individuals were identified with better responsiveness to the immunomodulator, which are carriers of combinations of genotypes of the interleukin-1 family (IL-1 β (rs1143634), IL1Ra (VNTR), IL1R1 (rs2287047): CC//II//TT, CC//I //II//TT, CT//I//II//TC.

An effective response to immunomodulation is provided by the genetically determined well-coordinated work of the cytokine-antagonist-receptor system for cytokines of the interleukin-1 family, which determines the correct launch of the cytokine cascade.

Keywords: cytokines, mitogen induction, immunomodulator, genetic polymorphism, immune response.

Галимова Эльвира Мансуровна

К.б.н., доцент ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы», Уфа
 vetgen@gmail.com

Галикеева Гузель Фанилевна

К.б.н., доцент ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы», Уфа
 galikeevagf@yandex.ru

Галимов Азат Мусавирович

Старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа
 Azat13Galimov@gmail.com

Батршина Рината Ильшатовна

Магистрант, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы», Уфа
 regi.mi@yandex.ru

Мустафина Светлана Радмировна

Магистрант, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы», Уфа
 s.mustafina98@bk.ru

Аннотация. В данной работе изучена динамика изменения показателей цитокинового профиля про- и противовоспалительного ряда (IL-1 β , IL1RA, IL2, IL4, IL-6, IL10, α -TNF и CRP) при: активации клеток цельной крови митогеном ex vivo и действии иммуномодулятора растительного происхождения «Эхинацея» у здоровых индивидов с различным генетическим статусом по генам семейства цитокинов интерлейкин-1 (IL-1 β (rs1143634), IL1RA(VNTR во 2 интроне), IL1R1(rs2287047)).

Среди обследованных выявлены индивиды с лучшей отзывчивостью на иммуномодулятор, являющиеся носителями сочетаний генотипов семейства интерлейкин-1 (IL-1 β (rs1143634), IL1Ra (VNTR), IL1R1 (rs2287047): CC//II//TT, CC//I //II//TT, CT//I//II//TC.

Таким образом, эффективный ответ на иммуномодуляцию обеспечен генетически обусловленной слаженной работой системы цитокин-антогонист-рецептор по цитокинам семейства интерлейкин-1, что определяет корректный запуск цитокинового каскада.

Ключевые слова: цитокины, митоген-индукция, иммуномодулятор, генетический полиморфизм, иммунный ответ.

Введение

В поддержании гомеостаза организма человека непосредственное участие принимают различные звенья иммунной системы. Одними из важнейших компонентов регуляции работы иммунной системы являются такие биологически активные вещества, как гуморальные факторы иммунитета, к которым относятся цитокины [1]. Цитокины участвуют в регуляции межклеточного и межсистемного взаимодействия, влияют на дифференциацию и апоптоз клеток, стимулируют либо же подавляют рост клеток, а также участвуют в работе жизненно важных систем организма (иммунной, эндокринной, нервной) при саморегуляции и взаимодействии с внешней средой [4].

Цитокины определяют тип и длительность иммунного ответа на действие патогена [6]. Их биологический эффект на клетки реализуется как внеклеточным, так и внутриклеточным путём через взаимодействие со специфическими рецепторами, локализованными на клеточной цитоплазматической мембране [5].

Одним из главных провоспалительных цитокинов является интерлейкин 1 (ИЛ-1, IL-1), и вырабатывается многими иммунокомпетентными клетками. Клетками-мишенями являются практически все клетки организма, являющиеся основой различных органов и тканей [7].

В настоящее время для определения степени напряженности регуляторных механизмов иммунного ответа в клинической практике проводится оценка концентрации цитокинов в сыворотке крови, что лишь констатирует сам факт повышения или понижения у данного индивида без учета физиолого-биохимических и генетических особенностей [3].

Определение генетической конституции индивида порой недостаточно для выявления особенностей взаимодействия цитокинов в организме. Исследования по изучению компенсаторных возможностей иммунокомпетентных клеток при стимуляции *in vitro* и *ex vivo* являются перспективными и позволяют выявить сложные каскады и корреляционные взаимодействия между цитокинами различного спектра действия.

Цель работы

Изучить динамику изменения показателей цитокинового профиля при активации клеток цельной крови, митогеном *ex vivo* и действии иммуномодулятора растительного происхождения «Эхинацея» у здоровых индивидов с различным генетическим полиморфизмом генов семейства интерлейкин-1.

Материалы и методы

Обследовано 28 практически здоровых индивидов, средний возраст которых составил 30 лет. Забор венозной крови проводили утром натощак, с информированного согласия. Методом ELISA измеряли концентрацию цитокинов (интерлейкин-1 бета (IL-1 β), рецепторного антогониста интерлейкина-1 (IL1RA), интерлейкина-2 (IL2), интерлейкин — 4 (IL4), интерлейкин — 6 (IL-6), интерлейкин — 10 (IL10), фактор некроза опухоли и- α (α -TNF), С-реактивный белок (CRP), в сыворотке крови с использованием реактивов ЗАО «Вектор-бест» (Новосибирск), также была проведена стимуляция продукции цитокинов *ex vivo* посредством митоген-индукции клеток цельной крови с использованием набора «ЦИТОКИН — СТИМУЛ — БЕСТ» фирмы ЗАО «ВЕКТОР-БЕСТ» (Новосибирск, Россия), представляющий собой комплект, основными компонентами которого являются стерильная среда и комплексный митоген — смесь лиофилизированных поликлональных активаторов с последующим определением изученных цитокинов. Оценку резервных возможностей продукции цитокинов мононуклеарными клетками проводили путем расчета индекса митогенной стимуляции (соотношение индуцированного синтеза к спонтанной продукции).

Стимулирование *in vivo* проводили с помощью эндогенного иммуномодулятора растительного происхождения «Эхинацея», прошедшего лицензирование и добровольную сертификацию и разрешенный к распространению через аптечную сеть. Прием препарата осуществлялся по схеме 1 таблетке в сутки в течении 21 дня, после чего был проведен забор крови и выделена сыворотка для последующего проведения иммуноферментного анализа.

Из периферической крови у обследованных лиц была выделена ДНК с помощью метода фенольно-хлороформной экстракции [2]. Амплификацию изученных локусов проводили с помощью метода полимеразной цепной реакции (ПЦР) на амплификаторе «Терцик». Разделение продуктов амплификации проводили электрофоретическим методом в полиакриламидном геле.

Проверку нормальности распределения количественных признаков проводили с помощью критерия Колмогорова–Смирнова; равенство выборочных средних проверяли по параметрическому *t*-критерию Стьюдента. Корреляционный анализ количественных величин проводили с вычислением коэффициента корреляции Пирсона. Статистический анализ результатов проводили с использованием пакета программ SPSS17.0 для Windows.

Результаты исследования и их обсуждение

На первом этапе исследования была проведена оценка резервных возможностей продукции цитокинов мононуклеарными клетками путем расчета индекса митогенной стимуляции.

Средние значения сывороточной концентрации провоспалительного цитокина интерлейкин-1 ($IL-1\beta$) составили $63,07 \pm 2,1$ пг/мл, митоген-индукция показала значительный прирост и составила $116,68 \pm 5,8$ пг/мл, индекс митогенной стимуляции = 1,8. При анализе концентрации рецепторного антагониста интерлейкина-1 ($IL1Ra$) средние значения составили $766,69 \pm 4,1$ пг/мл, митоген-стимуляция также показала высокую продукцию $2115,02 \pm 616$ пг/мл, индекс митогенной стимуляции = 2,76. Уровень интерлейкина-2 ($IL2$) составил $2,19 \pm 0,2$ пг/мл до стимуляции митогеном и $102,84 \pm 7,8$ пг/мл после действия митогена, индекс митогенной стимуляции для $IL2$ показал высокие значения и составил 46,5.

Показатели С-реактивного белка (CRP) который является основным белком плазмы крови и отражает наличие острых воспалительных процессов в организме средние значение составили $0,9 \pm 0,15$ пг/мл, митоген-стимуляция = $1,88 \pm 0,16$ пг/мл, индекс митогенной стимуляции = 2,08. Полученные данные свидетельствуют о том, что индивиды, входящие в нашу выборку в момент проведения исследования были практически здоровы, так как в крови здорового человека CRP отсутствует или выявляется в минимальных количествах [7].

Средние значения интерлейкина-4 ($IL4$) в сыворотке крови находились в пределах физиологической нормы $1,02 \pm 0,2$ пг/мл, митоген-стимуляция составила $2,15 \pm 0,25$ пг/мл, индекс митогенной стимуляции = 2,1. Также нами были получены интересные данные, для провоспалительных цитокинов (интерлейкин-6 ($IL-6$), фактор некроза опухоли- α ($\alpha-TNF$)) и противовоспалительного интерлейкина-10 ($IL10$) индекс митогенной стимуляции составил 0,004, 0,1 и 0,33 соответственно. Возможно, это связано с активацией циркулирующих клеток крови и выраженном усилении их способности секретировать данные цитокины.

На втором этапе исследования был проведен корреляционный анализ изучаемых показателей, где была

установлена прямая взаимосвязь между спонтанной продукцией противовоспалительного цитокина $IL10$ и провоспалительного цитокина $\alpha-TNF$ ($r=0,72$; $p=0,05$). Такую корреляцию можно объяснить тем, что $IL10$ способен ингибировать иммунный ответ по $Th1$ -пути, подавляя выработку провоспалительных цитокинов [9].

На третьем этапе у здоровых индивидов с различным генетическим полиморфизмом генов семейства интерлейкин-1 ($IL-1\beta$ ($rs1143634$), $IL1Ra$ ($VNTR$), $IL1RI$ ($rs2287047$)) был проведен анализ сывороточной продукции цитокинов, митоген-индуцированной продукции цитокина $IL-1\beta$ клетками цельной крови и в сыворотке после приема иммуномодулятора. Индивиды с сочетаниями генотипов $CC//II//TT$, $CC//II//TT$, $CT//II//TC$ оказались наиболее отзывчивыми на действие иммуномодулятора «Эхинацея», и у них регистрировалось снижение концентрации $IL-1\beta$ и других изученных про- и противовоспалительных цитокинов до уровня физиологической нормы, что возможно можно объяснить генетически детерминированным гармоничным соотношением $IL-1\beta/IL1RA$ и возможностью правильного запуска цитокинового каскада.

Высокие сывороточные концентрации провоспалительных цитокинов $IL-1\beta$, $IL6$, $\alpha-TNF$ наблюдались у индивидов с сочетанием генотипов $TT//II//TC$. После приема иммуномодулятора наблюдалась нормализация продукции провоспалительных цитокинов, такой механизм возможен за счет активации клеток иммунной системы и нормализации иммунного ответа по $Th1$ -типу [8].

У индивидов, являющихся носителями сочетаний генотипов $CC//II//TC$ концентрации цитокинов после приема иммуномодулятора не снижались или снижались незначительно, несмотря на то что исходный их уровень был выше физиологической нормы.

Таким образом, прием иммуномодулятора в терапевтических дозах повлиял на выработку провоспалительных цитокинов, снизил их концентрацию за счет увеличения противовоспалительных цитокинов, уравновешивая взаиморегуляцию про- и противовоспалительных маркеров. Следует отметить, что иммунологический эффект иммуномодулятора зависит от исходного состояния иммунитета и от генетического полиморфизма индивида.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бережная Н.М. Интерлейкины и формирование иммунологического ответа при злокачественном росте // Аллергология и иммунология. 2000. № 1. С. 45–61.
2. Бочков Н.П. Клиническая генетика // М.: Медицина, 2004. 480с.

3. Вавилин В.А., Макарова С.И., Ляхович В.В. Ассоциация полиморфных ферментов биотрансформации ксенобиотиков с предрасположенностью к бронхальной астме у детей с наследственной отягощенностью и без таковой // Генетика. 2002. Т. 38. № 4. С. 539–545.
4. Генетический паспорт — основа индивидуальной и предиктивной медицины / Под ред. В.С. Баранова. — СПб. — 2009. — 528 с.
5. Кулинский, В.И. Обезвреживание ксенобиотиков / В.И. Кулинский // Соросовский образовательный журнал. 1999. — № 1. — С. 8–12.
6. Куценко, С.А. Основы токсикологии. — СПб. — 2002. — 720 с.
7. Фрейдлин И.С., Назаров П.Г. Регуляторные функции провоспалительных цитокинов и острофазных белков // Вестник РАМН. 1999. № 5. С. 28–32.
8. Dimitrakakis C., Konstadoulakis M., Messaris E. et al. Molecular markers in breast cancer: can we use c-erbB-2, p53, bcl-2 and bax gene expression as prognostic factors // Breast. 2002. Vol. 11 (4). P. 279–285.
9. Macarthur M, Sharp L, Hold GL, Little J, El-Omar EM. The role of cytokine gene polymorphisms in colorectal cancer and their interaction with aspirin use in the northeast of Scotland // Cancer Epidemiol Biomarkers Prev. 2005. V.14(7). P. 1613–1621.

© Галимова Эльвира Мансуровна (vemgen@gmail.com), Галикеева Гузель Фанилевна (galikeevagf@yandex.ru),
Галимов Азат Мусавирович (Azat13Galimov@gmail.com), Батршина Рината Ильшатовна (regi.mi@yandex.ru),
Мустафина Светлана Радмировна (s.mustafina98@bk.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



РЕАЛИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СТРАТЕГИЙ В СФЕРЕ МОНИТОРИНГА СТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ: СРАВНЕНИЕ ОПЫТА РОССИИ И КИТАЯ

IMPLEMENTATION OF ENVIRONMENTAL STRATEGIES IN THE FIELD OF MONITORING STATIONARY RAILWAY INFRASTRUCTURE FACILITIES: COMPARISON OF THE EXPERIENCE OF RUSSIA AND CHINA

**O. Eryemina
O. Lyubskaya**

Summary. The relevance of the topic is connected with the increasing intensity of cargo and passenger flows and the volumes of negative impact on the environment are growing. Railway transport is actively used in many countries of the world, while Russia and China are among the leading states with the most extensive network of railways. During the operation of railway transport, the air and water environment, as well as the soil cover, are polluted. At the same time, environmental monitoring is an important component of the environmental protection management system both at the state level and at the level of environmental strategies of specific companies. A comparative analysis of the approaches of Russia and China in the organization of environmental monitoring of stationary railway infrastructure facilities is carried out by the authors on the basis of: analysis of legal bases; characteristics of transport infrastructure facilities and parameters that are controlled; the main procedures in the environmental monitoring system are analyzed, which parameters are controlled, and the structural and functional monitoring scheme at stationary railway infrastructure facilities in Russia and China is analyzed.

Keywords: environmental monitoring, stationary railway transport infrastructure facilities, China, structural and functional monitoring scheme.

Ерёмина Ольга Юрьевна

Аспирант, Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина («Технологии.

Искусство. Дизайн»)

olga_u_eryomina@mail.ru

Любская Ольга Геннадьевна

Д.мед.н., Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина («Технологии. Искусство. Дизайн»)

lyubskaya-og@rguk.ru

Аннотация. Актуальность темы связана с все возрастающей интенсивностью грузовых и пассажирских потоков растут и объемы негативного воздействия на окружающую среду. Железнодорожный транспорт активно используется во многих странах мира, при этом Россия и Китай входят в число ведущих государств, располагающих самой разветвленной сетью железных дорог. Во время эксплуатации железнодорожного транспорта происходит загрязнение воздушной и водной среды, а также почвенного покрова. При этом экологический мониторинг является важной составляющей системы управления охраной окружающей среды как на государственном уровне, так и на уровне экологических стратегий конкретных компаний. Сравнительный анализ подходов России и Китая в организации экологического мониторинга стационарных объектов железнодорожной инфраструктуры проводится авторами на основе: анализа правовых основ; характеристику объектов транспортной инфраструктуры и параметров которые контролируются; проанализированы основные процедуры в системе экологического мониторинга, какие параметры контролируются, дан анализ структурно-функциональной схемы мониторинга на стационарных объектах железнодорожной инфраструктуры России и КНР.

Ключевые слова: экологический мониторинг, стационарные объекты инфраструктуры железнодорожного транспорта, Китай, структурно-функциональная схема мониторинга.

Цель

Цель данной статьи — сравнить подходы России и Китая в деле организации экологического мониторинга применительно к железнодорожной инфраструктуре, а также в реализации экологической стратегии на транспорте в целом. Задача статьи — дать представление об основных целевых показателях, направлениях работы и тех мерах, которые обеспечивают достижение поставленных целей в сфере железнодорожного транспорта и стационарных объектов его инфраструктуры.

Отметим, что рамки данной статьи ограничены рассмотрением экологического мониторинга на стационарных объектах инфраструктуры железнодорожного транспорта обеих стран. К ним относятся: устройство железнодорожного полотна, элементы путевого устройства (включая тоннели, мосты, переправы), все здания и сооружения (станции, остановочные пункты, здания систем энергообеспечения — котельные, вокзальные комплексы), объекты вагонного и локомотивного хозяйства, производственные участки (строительные, ремонтные, станции очистки и пропарки и проч.).

Наибольшее негативное воздействие на окружающую среду, как свидетельствуют проведенные исследования [1,5], оказывают объекты теплоснабжения (котельные) и ремонтные производственные участки (депо, заводы).

Китайская Народная Республика выбрана в качестве объекта сравнения не случайно: железные дороги являются драйвером экономик как в России, так и в Китае; обе страны сопоставимы по территории; валовые внутренние продукты на душу населения также сопоставимы для сравнения. Отметим, что и в России, и в Китае наблюдается неравномерность размещения энергетических, природных и людских ресурсов.

Правовые основы

Корпус нормативно-правовых документов, касающихся экологического мониторинга в России обширен, назовем здесь лишь некоторые основные документы: Постановления Правительства РФ (в частности, от 23.08.2000 № 622 «О государственной службе наблюдения за состоянием окружающей природной среды», от 02.02.2006 № 60 «Об утверждении Положения о проведении социально-гигиенического мониторинга»), Приказы Минприроды России (от 27.11.1992 № 13 «О создании и развитии Единой государственной системы экологического мониторинга России», от 12.05.1994 № 138 «О создании экспериментальных региональных систем Единой Государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ)»), а также государственный стандарт ГОСТ Р 14.13–2007 Экологический менеджмент. Оценка интегрального воздействия объектов хозяйственной деятельности на окружающую среду в процессе производственного экологического контроля (от 27.12.2007 № 14.13–2007).

Стратегические документы, такие как Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации до 2030 года», также ставят своей целью техническое перевооружение производств, внедрение «зеленых» технологий, решение проблем обращения с отходами, ликвидация загрязнений прошлых лет, снижение энергоемкости производств, повышение качества сбрасываемых сточных вод в окружающую среду.

Ведущим оператором железнодорожного транспорта (ОАО «РЖД») разработаны на этой правовой основе «Экологическая стратегия ОАО РЖД до 2030 г.» (2020), Программа реализации Экономической стратегии (ежегодно), 14 направлений природоохранной деятельности, которые реализуются за счет инвестиционных программ, основных фондов железных дорог, бюджетов затрат филиалов.

В Китайской народной республике сформирована разветвленная система законов, стандартов, различных программ и инициатив вокруг базовых государственных документов, связанный с обсуждаемой нами темой (подробнее — [2]). Такой базой является не только Конституция страны, Закон «О национальной безопасности» (включающий экологические аспекты), но также Закон КНР «Об охране окружающей среды», Закон КНР «О предотвращении загрязнения окружающей среды твердыми отходами», Закон «Об охране окружающей среды морей и океанов», Закон КНР «О предотвращении загрязнения окружающей среды шумом», Закон КНР «О воде», Лесной кодекс КНР, Закон КНР «Об оценке воздействия на окружающую среду». На сегодня руководящими документами Китая в сфере экологического мониторинга являются Закон КНР «Об оценке воздействия на окружающую среду» и Экологическая программа, разработанная в 2020 г. Министерством по охране окружающей среды. На ближайшие пять лет была запланирована реформа системы экологического анализа и мониторинга окружающей среды: основным достижением при этом является ее прямой непосредственный характер.

Как видим, у обеих стран в целом схожие направления развития экологической стратегии: поэтому далее, мы рассмотрим, как они реализуются в практических аспектах и каких показателей деятельности предприятий железнодорожного транспорта удалось достигнуть.

Достижение целевых ориентиров по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

Снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу — важный показатель экологического благополучия страны. При сравнении достигнутых в России результатов в 2020 г. с аналогичными данными за 2007 г., выявлено:

- ◆ снижены выбросы от стационарных источников загрязнения (с 55% до 66%);
- ◆ снижена недоочистка сбросов (с 66% до 73%);
- ◆ сбросы без очистки полностью ликвидированы (100%).

Для этого были произведены следующие работы на стационарных объектах железнодорожной инфраструктуры: 137 котельных переведено на альтернативные источники энергии, заменено 150 единиц пылегазоулавливающих установок, более 2 тыс. км. путей электрифицировано.

Одна из стратегически важных целей в зоне сокращения выбросов парниковых газов была достигнута ОАО «РЖД» в 2020 г.: компании удалось на объектах

своей инфраструктуры снизить уровень вредных выбросов в атмосферу до уровня 1990 г.

В Китайской народной республике снижение выбросов в атмосферу также является приоритетной задачей, но избранный этой страной путь — отличается от российского. Здесь акцент сделан не столько на экологический мониторинг и мероприятия по снижению негативного воздействия объектов железнодорожного транспорта, сколько на развитие водородной энергетики как высоко технологичной альтернативы использованию углеводородов.

По данным китайских исследователей (доктор технических наук Лян Чен, Даляньский университет «Ньюсофт» [3]) к 2050 году водородная энергетика обеспечит 18% мирового спроса на энергоносители и создаст рынок стоимостью более 2,5 трлн. долларов США. Это связано в первую очередь с тем, что водородная энергетика обладает уникальными качествами:

1. относится к возобновляемым источникам получения энергии;
2. имеет нулевой уровень выбросов;
3. характеризуется тройной удельной мощностью по сравнению с использованием бензина и дизельного топлива [3].

Достижение целевых ориентиров по снижению сброса в водные объекты

Снижение сбросов вредных примесей и неочищенной технической воды в акватории рек — еще одна ключевая задача экологических программ обеих стран. В России предприятия ОАО «РЖД» и ее стационарные объекты инфраструктуры использовали в 2007 г. более 81,9 млн. м³ воды, обеспечив к 2020 г. снижение расхода на 48% (42,3 млн. куб. м). При этом на 100% были снижены неочищенные сбросы сточной воды, а доля эффективности очистных сооружений увеличена в 1,3 раза (с 59% до 76,1%). Это выразилось в реконструкции 54 очистных сооружений, постройке 43 новых объектов, приобретении 20 комплектов природоохранного оборудования, установке более 3 тыс. систем учета воды, замене и промывке 200 км водоотводящих сетей.

В КНР к планомерному снижению уровня загрязнения вод объектами железнодорожной отрасли приступили в 2006 году. В «Программе предотвращения и ликвидации загрязнения в бассейне р. Сунхуацзян (Сунгари)», принятой Госсоветом Китая, были разработаны меры по улучшению экологической обстановки в провинциях Цзилинь и Хэйлунизян, Автономном районе Внутренняя Монголия. Было также выявлено, что реки и пруды с наибольшим уровнем загрязнения, в том числе за счет воздействия развитой железнодорожной

инфраструктуры, расположены в Гуанси-Чжуанском автономном районе. Выявлено огромное количество промышленных отходов, производимых в данных регионах страны, а несколько крупных железнодорожных объектов, густая сеть дорог способствуют усугублению экологической катастрофы [4]. За истекшие годы также достигнуты значительные успехи: однако уровень загрязненности все еще очень высок.

Достижение целевых ориентиров по обращению с отходами

Иными словами сбор и переработка промышленного железнодорожного мусора, производимого и как отходы пассажирских перевозок, и как отходы собственно инфраструктурных объектов (шпалы, лом рельса, металллом и прочие) одинаково важно для обеих стран. В России идут по пути разрешительной лицензионной работы: это позволило увеличить долю вовлеченных в хозяйственный оборот отходов с 60% до 83,2%, доля обезвреженных отходов и их вовлечения в переработку составила 6,6% (против 4% в 2007 г.), а сортировка мусора возросла на 63%.

Это выразилось в совершенно конкретных практических мероприятиях: реконструкции одной крупной свалки до уровня полигона (станция Орск), введении в строй 4 комплексов по переработке железобетонных шпал, выделении нескольких десятков контейнеров для отработанных элементов питания, разработке и запуске 2 установок по утилизации резино-технических изделий (ст. Укладочный, ст. Пермь-Сортировочная), 2 комплексов термического обезвреживания отходов (г. Ярославль, ст. Тагул), 589 объектов обезвреживания отработанных кислот и щелочей.

Переработка отходов железнодорожных объектов инфраструктуры в Китае — имеет свою специфику. Негативное влияние железнодорожной инфраструктуры в Китае увеличивается в арифметической прогрессии, в особенности прирост твердых бытовых отходов. Поэтому было принято решение нарастить объемы мусоросжигания на треть, а количество сжигаемого или повторно используемого мусора от железнодорожной инфраструктуры увеличить вдвое. Тем не менее наиболее выгодно именно переработка: только на импортируемых отходах приборостроения и электроники Китай зарабатывает порядка 3 млрд. долларов ежегодно. Поэтому важен опыт создания специализированного предприятия по переработки железнодорожных отходов. По сообщению агентства Синьхуа, завод по переработке железнодорожных шпал и иных материалов был открыт в городе Мааньшань (провинция Аньхой), что значительно повысило эффективность переработки отходов железнодорожного хозяйства [5]. Завод пол-

ностью автоматизирован, внедрены элементы интеллектуального управления сортировкой (элементы искусственного интеллекта). Кроме переработки четырех тысяч списанных транспортных средств (локомотивов, товарных или пассажирских вагонов, цистерн), свыше ста тридцати тонн списанных стальных рельсов и почти шестьдесят тысяч тонн металлолома в год утилизируется посредством управляемых искусственным интеллектом трех автоматизированных производственных линий завода.

Организация экологического мониторинга

В России развитие системы экологического контроля и мониторинга привело к получению ОАО РЖД лицензии на осуществление деятельности в области гидрометеорологии и в смежных с ней областях. Были осуществлены работа по организации, оснащению и организации лабораторий (как стационарных, так и передвижных, мобильных). На сегодня в ведении компании находятся: 3 384 структурных подразделения экоконтроля, 11383 объекта на учете в Росприроднадзоре, 56 стационарных экологических лабораторий, 53 автомобильных экологических лабораторий, 12 лабораторных железнодорожных вагонов.

Проводятся и масштабные отраслевые экологические исследования: по данным официальной статистики [7] различными структурами ООО «РЖД» за период 2017–2022 гг. выполнено: 301,3 тыс. анализов воздуха, сбрасываемых стоков, почвы; 70,4 тыс. других анализов; 11,6 тыс. предприятий и участков зафиксированы как источник выбросов и сбросов вредных веществ в окружающую среду; разработано 385 томов нормативной экологической документации; проведено более 1000 проверок подведомственных субъектов транспортной инфраструктуры с выявлением нарушением в сфере экологической охраны.

Лидер китайской железнодорожной отрасли — China Railway Group (крупнейший оператор в Китае). Эта компания всегда рассматривала защиту природной среды как главную задачу: как правило, при развитии железнодорожной инфраструктуры компанией проводятся экспертизы оценки воздействия проекта на окружающую среду, полной демонстрации программ охраны окружающей среды и разработки детальной программы охраны окружающей среды. В строительных процессах увеличена доля на мероприятия экологической защиты, используется энергосберегающее оборудование.

С точки зрения организации экологического мониторинга в Китае большое внимание уделяется циф-

ровизации этого процесса и анализу больших данных (big data). Экологический мониторинг [6] организован как снятие показателей состояния окружающей среды в реальном времени, с помощью размещенных по ключевым объектам железнодорожной инфраструктуры связанных в единую систему датчиков: газоанализаторов, анализаторов вредных выбросов, анализаторов состояния почв и вод. При этом, данные поступают в единую систему мониторинга напрямую, минуя местные отделения управления железными дорогами, руководство муниципалитетов и т.п. Это позволяет получать полностью объективную картину загрязнений. В перспективе в эту область активно приникнет технология искусственного интеллекта, и работы в этом направлении уже ведутся.

Хотя подробный анализ номенклатуры и состава технических средств измерения не входит в задачу данной статьи, упомянем здесь, что в российских мониторинговых комплексах используются отечественные приборы различных марок (например, хроматографы ЛМ-8МД5, ЛХМ-80, «Газохром-1109», «Газохром-3101», «Сигма-1», газоанализаторы СЕАН-Н, КОЛИОН-1В и другие), а также зарубежные аналитические приборы химического анализа (от компаний General Electric, Thermo Fischer Scientific, Siemens, Testo и других). Для китайских мониторинговых комплексов преимущественно используются приборы и аналитические комплексы зарубежных стран (например, датчики инфракрасные от Servomex, Emerson Electric, Ametek, Honeywell International, Mettler Toledo, Yokogawa Electric Corporation, Fuji Electric, Dragerwerk AG и Co, Protea, Testo SE и CO, Belt), несколько реже — близкие аналоги китайского производства (например, газоанализаторы Habotest, ККМОООН и другие). Причем количество и качество аналогов постоянно расширяется.

На схеме (рис. 1) приведен сравнительный анализ структурно-функциональных схем мониторинга на стационарных объектах железнодорожной инфраструктуры России [8] и КНР [9]:

Задачи, процедуры и основные параметры экологического контроля удобнее сравнить в таблице (табл. 1).

Как следует из приведенных данных основные подходы обеих стран имеют много общего, специфика заключена в конкретных процедурах, и как можно предположить — в используемой приборно-аппаратной базе анализа.

Выводы

Подводя итоги сравнительному анализу подходов к экологическому мониторингу на стационарных объ-

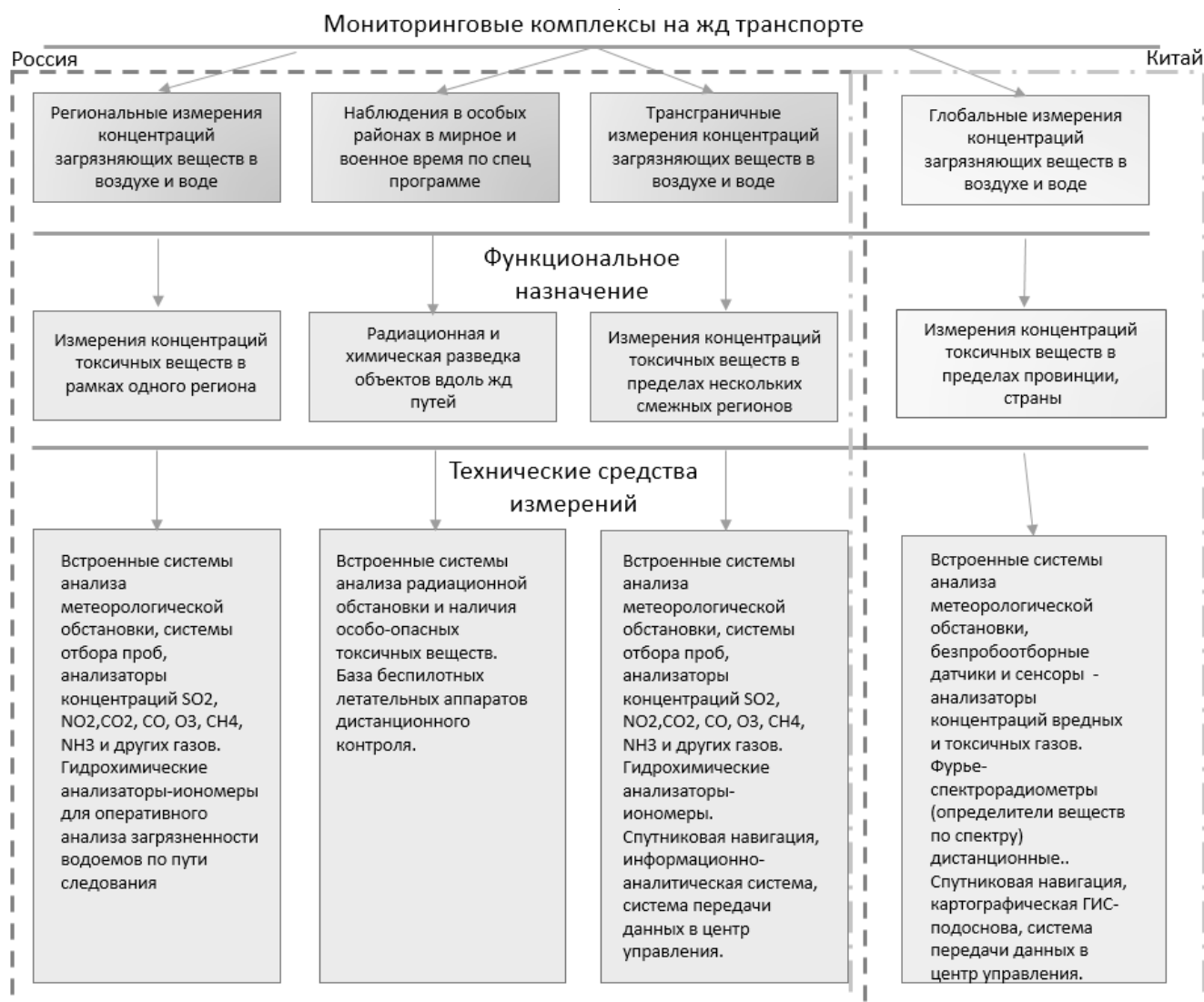


Рис. 1. Сравнительная схема мониторинговых комплексов на железнодорожном транспорте России и Китая

ектах железнодорожного транспорта в России и в Китае отметим следующее:

1. относительно задач, обе страны демонстрируют схожесть подхода и общей стратегии снижения негативного воздействия на окружающую среду стационарных объектов железнодорожного транспорта;
2. в целом схожими характеристиками обладают и контролируемые в обеих странах параметры окружающей среды;
3. наибольшее различие лежит в технологической плоскости: для КНР характерно использование автоматизированных удаленных (дистанционных) способов контроля качественных характеристик окружающей среды, передача данных в реальном времени от датчика к принимающе-

му устройству (информационной системе). В России — акцентируется точность лабораторного анализа, выполняемого человеком на основе выверенных методик, с документированием мест забора проб.

4. Относительно мониторинговых комплексов можно выделить особенности: Китай развивается в сторону создания общенациональных стационарных сетей мониторинга, тогда как Россия — использует возможности и стационарной лабораторной базы, и мобильные лабораторные комплексы (вагоны) 3 разных типов назначения.
5. Оснащенность мониторинговых комплексов обеих стран техническими средствами измерения (приборами) схожа как по составу, так и по качеству: обе страны используют импортные прибо-

Таблица 1. Сравнение подходов к мониторингу негативного воздействия стационарных объектов железнодорожной инфраструктуры

Параметры сравнения	РФ	КНР
Задачи мониторинга:	1.Охрана атмосферного воздуха	1.Охрана атмосферного воздуха
	2.Защита от шума	2. Защита от шума
	3.Охрана водных ресурсов	3.Охрана водных ресурсов
	4.Обращение с отходами производства и потребления	4.Обращение с отходами производства и потребления
	5.Ликвидация объектов накопленного экологического ущерба (восстановление нарушенных экосистем)	5.Ликвидация объектов накопленного экологического ущерба (восстановление нарушенных экосистем)
Процедуры мониторинга	- проведение ручных замеров и забора проб атмосферного воздуха, сточных вод, образцов почв для последующей обработки полученных образцов в лабораторных условиях (в том числе на базе мобильных вагонов-лабораторий)	- получение результатов химического анализа окружающей среды в реальном времени с помощью датчиков, объединенных в сетевую структуру;
	- внесение операторами результатов в аналитические таблицы, информационные системы (взаимодействие человек-машина)	- получение результата непосредственно с датчика через передачу данных в информационную систему мониторинга (взаимодействие машина-машина, отдельные технологии искусственного интеллекта)
Параметры контроля	- общий% снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников загрязнения; уровень годовой эмиссии парниковых газов; уровень выбросов оксида азота.	- общий% использования альтернативных топлив, в частности водородной энергетики на объектах железнодорожной инфраструктуры;
	- уровень шума для построения шумовых карт уровень риска шумового воздействия	- степень технологического переоснащения элементов инфраструктуры, снижающая общий уровень шума
	- контроль химического состава сточных вод, с целью определения их типа (без очистки, недостаточно очищенных) контроль количества сточных вод всех типов (без очистки, недостаточно очищенных)	- определение наиболее загрязненных водных объектов и реализация локальных программ по их очистке и восстановлению экосистемы;
	- доля обезвреживания и вовлечения отходов стационарных объектов железнодорожной инфраструктуры во вторичный оборот	- доля вовлечения отходов железнодорожного транспорта в переработку; доля утилизации отходов путем мусоросжигания;
	- количество объектов накопленного экологического ущерба; количество объектов накопленного экологического ущерба, где проведены инженерные изыскания с целью выработки проектных решений по ликвидации загрязнений; количество ликвидированных объектов накопленного экологического ущерба	- количество объектов накопленного экологического ущерба; количество ликвидированных объектов накопленного экологического ущерба.

ры (датчики, технические средства), и приборы отечественного производства (отличия касаются отдельных средств измерения).

Можно с уверенностью сказать, что в самое ближайшее время интеграция и взаимовыгодное сотрудниче-

ство между нашими странами приведут к взаимопроникновению подходов и технологий, экологический мониторинг на стационарных объектах железнодорожного транспорта получит новые импульсы развития в обеих странах. А значит вместе мы сделаем окружающую среду безопаснее и чище.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Российской Федерации». — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennyye_doklady/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2020/
2. Манцуров А.Ю. Правовые основы экологической безопасности Китайской Народной Республики как составляющая национальной безопасности // Социально-экономические исследования, гуманитарные науки и юриспруденция: теория и практика. 2016. № 7–2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pravovye-osnovy-ekologicheskoy-bezopasnosti-kitayskoy-narodnoy-respubliki-kak-sostavlyayuschaya-natsionalnoy-bezopasnosti> (дата обращения: 22.11.2022).
3. Лян Чен, PhD, «Водородная энергетика Китая» // Доклад на Международной конференции «Опасные грузы — 2022», Москва, 2022 г. — URL: https://opasnik.ru/files/MscSP_26042022.zip (дата обращения 28.09.2022 г.)
4. Первый гибридный локомотив на водороде, разработанный в Китае, сошел с конвейера. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/245288226>
5. Толоконникова Е.В., Государственная политика Китая в решении проблем экологии. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/gosudarstvennaya-politika-kitaya-v-reshenii-problem-ekologii/viewer>
6. Китай открыл умную линию утилизации железнодорожного лома. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://news.rambler.ru/army/46508355/?utm_content=news_media&utm_medium=read_more&utm_source=copylink
7. China's Clean Air Price Tag: U.S2000. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.usembassy-china.org.cn/>
8. Экологический мониторинг. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.rzd-expo.ru/innovation/environmental_protection/industrial_environmental_control/
9. Дроздов В.В., Косенко А.В. Мобильные аналитические мониторинговые комплексы на железнодорожном транспорте // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2018. № 5 (78). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mobilnye-analiticheskie-monitoringovye-kompleksy-na-zheleznodorozhnom-transporte> (дата обращения: 22.11.2022).
10. Jianyi Lin, Shihui Cheng, Huimei Li, Dewei Yang and Tao Lin. Environmental Footprints of High-Speed Railway Construction in China: A Case Study of the Beijing–Tianjin Line// Int. J. Environ. Res. Public Health 2020, 17, 105. — URL: <file:///C:/Users/User/Desktop/ijerph-17-00105.pdf> (дата обращения 21.10.2022).

© Ерёмина Ольга Юрьевна (olga_u_eryomina@mail.ru), Любская Ольга Геннадьевна (lyubskaya-og@rguk.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВОЗДЕЙСТВИЕ СТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ: ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЯ АВАРИЙНОСТИ

THE IMPACT OF STATIONARY RAILWAY INFRASTRUCTURE FACILITIES ON THE ENVIRONMENT: JUSTIFICATION OF THE ACCIDENT CRITERION

O. Eryemina

Summary. Railway transport is the most important means of cargo transportation and passenger transportation. By the nature of functioning, all objects of transport infrastructure (OTI) of railway transport are divided into mobile (mobile) and stationary. For each such facility, a regular (normal) mode of operation is established, when all systems are in good order and work without features; and emergency — when a catastrophe, a gathering, an accident, failures, technical malfunctions or other man-made negative events are recorded. The analysis of the annual accident rate revealed that the negative negative impact in normal and emergency modes differ in the intensity and size of the damage. If in normal mode the negative impact has a low and medium intensity, but in emergency mode — medium and high. The author introduces and substantiates a new criterion for improving the effectiveness of assessing the negative impact of railway infrastructure facilities — accident rate. This allows you to: 1) determine the accident rate using an approach to determine the magnitude of the railway risk at a particular facility; 2) develop a system of preventive measures to reduce the accident rate, thereby reducing the burden on the environment.

Keywords: the object of transport infrastructure (OTI), railway transport, accidents, accidents, environment, regular and emergency modes of operation.

Ерёмина Ольга Юрьевна

*Аспирант, Российского государственного университета имени А.Н. Косыгина, г. Москва
olga_u_eryomina@mail.ru*

Аннотация. Железнодорожный транспорт является наиболее важным средством транспортировки грузов и осуществления пассажирских перевозок. По характеру функционирования все объекты транспортной инфраструктуры (ОТИ) железнодорожного транспорта разделяют на мобильные (подвижные) и стационарные. Для каждого такого объекта установлен штатный (обычный) режим работы, когда все системы исправны и работают без особенностей; и аварийный — когда фиксируется катастрофа, сход, авария, сбой, технические неисправности либо иные техногенные негативные события. Анализ годовой аварийности выявил, что отрицательное негативное воздействие при штатном и аварийном режимах различаются интенсивностью и размером ущерба. Если в штатном режиме негативное воздействие имеет низкую и среднюю интенсивность, но в аварийном — среднюю и высокую. Автором введен и обосновывается новый критерий повышения эффективности оценки негативного воздействия объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта —

аварийность. Это позволяет: 1) определить коэффициент аварийности, используя подход по определению величины железнодорожного риска на конкретном объекте; 2) разработать систему профилактических мер для снижения коэффициента аварийности, тем самым снизив нагрузку на окружающую среду.

Ключевые слова: объект транспортной инфраструктуры (ОТИ), железнодорожный транспорт, аварийность, аварийные случаи, окружающая среда, штатный и аварийный режимы функционирования.

Сложно переоценить значение железнодорожного транспорта и объектов его инфраструктуры в хозяйственной деятельности человека в целом, в экономике России в частности. Густая сеть железных дорог охватывает страну с запада на восток, около 2% населения заняты в работах, связанных с обеспечением железнодорожных перевозок. Крупнейшее предприятие ОАО «РЖД» объединяет деловыми рабочими процессами филиалы по регионам, предприятия-подрядчики, а также смежные предприятия, производящие необходимые товары и услуги для

железнодорожных перевозок. Тарифный грузооборот (в млрд. тарифных тонно-км) за период январь-март 2021 года составил 407,7 млрд. т/км, а в такой же период 2022 года вырос на 4,4%. Все эти факторы говорят не только об экономической мощи железнодорожной отрасли, ее огромной важности в Стратегии развития транспортной отрасли всей страны до 2030 г. [1], но и о возрастающей негативной нагрузке на окружающую среду со стороны объектов железнодорожной инфраструктуры. Исследованию этого вопроса посвящена настоящая статья.

Постановка проблемы

По характеру функционирования все объекты железнодорожной транспортной инфраструктуры (далее ОТИ) разделяют на стационарные и подвижные. К стационарным ОТИ железнодорожного транспорта России относят [2,3]: 16 железных дорог, общей протяженностью более 82 тысяч километров; 275 вокзалов (по 1 на каждые 300 км дорог), 4500 станций и узлов, из них — 51 — пассажирских, 39 — сортировочных, 302 — участковые, 593 — грузовые, 3515 — промежуточные; 30,5 тыс. мостов и путепроводов общей протяженностью 993 тыс. погонных метров; 1432 тяговых подстанций; 37422 комплектных трансформаторных подстанций; 6734 трансформаторных подстанций; 33 тыс. км высоковольтных линий электропередачи; 54,8 тыс. км линий электропередачи до 1000В; 128,8 тыс. км линий электроснабжения СЦБ, из них 62 055 км, или 72,9% линий, оборудованных автоблокировкой и диспетчерской централизацией; устройства железнодорожной автоматики и телемеханики, которые обслуживают 203 дистанции сигнализации, централизации и блокировки и 1 технический центр автоматики и телемеханики; 38 вагоноремонтных завода; 24 локомотиворемонтных завода; 42 локомотиворемонтных депо; другие служебные здания и сооружения (включая социальную инфраструктуру).

Критериями негативного воздействия на окружающую среду, которые на текущий момент подлежат контролю для стационарных ОТИ железнодорожного транспорта, являются:

- ◆ объем выбросов вредных веществ в атмосферу;
- ◆ объем потребляемых вод и объем загрязненных сточных вод;
- ◆ объем загрязнений и деформации почв, растительного покрова;
- ◆ объем производимых на стационарном ОТИ отходов;
- ◆ объем финансовых средств, направляемых на ликвидацию последствия загрязнения почвы, вод, воздуха.

Цель данной статьи — обоснование введения в научный обиход понятия коэффициента аварийности как еще одного критерия при осуществлении оценки негативного воздействия указанных выше ОТИ железнодорожного транспорта.

Задачами будут:

- ◆ выявление негативного воздействия со стороны различных типов ОТИ железнодорожного транспорта при их штатном режиме работы;
- ◆ сравнение негативного воздействия определенного типа ОТИ железнодорожного транспорта при штатном (обычном) и аварийном режимах;

- ◆ определение подхода к расчету коэффициента аварийности.

Источником статистических и фактических данных по аварийности на стационарных ОТИ являются открытые данные, опубликованные на сайте Ространснадзора, а также Федерального агентства по железнодорожному транспорту, информационных ресурсов ОАО «РЖД». Согласно этим источникам, в наиболее общем плане годовая аварийность на железнодорожном транспорте составила по состоянию на 31 декабря 2021 года [4]:

- ◆ Крушений, всего — 17 случаев, в том числе: на путях общего пользования — 10 случаев; на путях необщего пользования — 7 случаев.
- ◆ Аварий, всего — 2 случая, из них 1 на пути необщего пользования.
- ◆ погибло 7 работников железнодорожного транспорта, причинен тяжкий вред здоровью 3 работникам.
- ◆ Повреждено подвижного состава: 308 единиц, в том числе: 178 единиц за пределами целесообразности ремонта; 130 единиц в пределах целесообразности ремонта.

В целом за период январь 2021- март 2022 гг. различные аварийные случаи на ОТИ (всего 271) фиксировались в большинстве федеральных округов: 89 событий при этом — в ДФО; 45 — в СФО; 44 в УФО; 40 в ПФО; 21 в СЗФО; 20 событий в ЦФО и 12 событий — в ЮФО. Этот фактический материал позволяет предметно изучить особенности аварийности на железных дорогах, приводя описания аварийных случаев и их последствий: отдельные примеры по каждому типу стационарных ОТИ упоминаются в данной статье.

Мы будем придерживаться следующей рабочей гипотезы: для эффективности оценки негативного воздействия ОТИ железнодорожного транспорта на окружающую среду, необходимо ввести новый критерий аварийности, понимаемый как способность того или иного объекта значительно увеличивать негативное воздействие в момент техногенной аварии. Критерий аварийности предполагает, что каждый стационарный ОТИ обладает коэффициентом аварийности, который зависит от частоты аварийных случаев на данном типе ОТИ, тяжести их последствий, объема мероприятий, выполняемых для предотвращения аварий.

Проведенные автором исследования аварийности на стационарных объектах железнодорожного транспорта в период с 2021–2022 гг. (исследованы записи дежурно-диспетчерских служб об аварийных случаях) показали, что аварийная ситуация на том или ином типе стационарного ОТИ увеличивает, и порой

значительно, негативную нагрузку на окружающую среду, производимую данным ОТИ.

В частности, возрастают:

- ◆ выбросы парникового газа в атмосферу (оксид азота);
- ◆ загрязненность сточных вод, когда нормативы сброса существенно превышены, и сбросы осуществляются в русла рек, систему водоотведения, на поверхность почв;
- ◆ загрязнение земель (в том числе результатов разрушения зданий, сооружений, деформацией ландшафта в ходе взрывов, прорывов тоннелей и т.п.).

Следовательно, необходимо найти параметры этого увеличения и разработать методику его определения (определения коэффициента аварийности). Это позволит с достаточной степенью объективности определять уровень аварийности того или иного объекта, исходя из его текущих характеристик: типа объекта, частоты аварий на данном типе объекта, уровня тяжести последствий, уровня изношенности технического состояния, количества профилактических мероприятий и предупредительных ремонтов. Из указанных здесь характеристик только уровень тяжести последствий требует некоторого пояснения, все остальные — определяются на предприятии, ответственном за эксплуатацию стационарного ОТИ.

Для определения уровня тяжести последствий используем положениям Межгосударственного стандарта, который определяет для железнодорожного риска уровни тяжести последствий [5].

Исходя из того, что по каждому стационарному ОТИ железнодорожного транспорта известны частота аварийных случаев на этом ОТИ и тяжесть последствий железнодорожного риска для него, ведется учет работ по предотвращению аварий, то и коэффициент аварийности на данном конкретном типе ОТИ можно определить на основе взаимосвязи этих параметров.

В этом случае, коэффициент аварийности можно рассчитать по формуле (1), аналогичной расчету железнодорожного риска:

$$R = Fr\{C, P\} = \sum_i [Fri * (Ci, Pi)], \quad (1)$$

где R — железнодорожный риск;

F — зависимость вероятности возникновения какого-либо события на транспорте P и ожидаемых последствий C (ущерба) от данного события;

P — вероятность возникновения того или иного события;

C — показатель ожидаемых последствий (ущерба);
 i — вид транспортного события.

Совершенно очевидно, что применительно к аварийности данный подход также работает: величина риска R — принимается в данном случае за коэффициент аварийности, F — является зависимостью ожидаемой частоты не просто от неких событий, а непосредственно от аварий на данном виде ОТИ (например за последние 2 года), P — вероятностью аварий (в текущем году, с учетом проведенного ремонта или иных работ), C — прогнозируемой величиной последствий от указанных аварий (например, в присвоенных от 1 до 4 баллах из Таблицы 7), i — видом аварии на данном типе ОТИ.

Выводы

Научная новизна излагаемого в данной статье подхода заключается во введении понятия коэффициента аварийности как критерия оценки негативного воздействия стационарного ОТИ железнодорожного транспорта на окружающую среду. Мы не ставили задачу приведения расчетов коэффициента аварийности по каждому типу ОТИ железнодорожного транспорта отдельно. Для этого по каждому конкретному объекту необходимы данные наблюдений, материалы расследования аварий с заключением по определению ущерба, описания технического состояния и проведенных профилактических ремонтов/модернизаций, оказывающих влияние на вероятность и частоту аварийных случаев.

Данная статья лишь предложила решение задач верхнего уровня:

- ◆ была дана типология стационарных объектов в связи с их функциональным предназначением и теми негативными влиянием, которое они оказывают на окружающую среду в штатном и аварийном режиме функционирования;
- ◆ были приведены примеры аварийных событий по каждому типу ОТИ и проведен анализ, показавший рост интенсивности и скорости наступления негативного влияния от стационарного ОТИ именно в связи с аварийным режимом функционирования;
- ◆ было выявлено, что для проведения расчетов уже имеется подходящая методика [5], позволяющая учесть все необходимые факторы, и ее можно успешно распространить на расчет коэффициента аварийности и использовать в дальнейших исследованиях.

Таким образом, аварийность непосредственно предшествует увеличению негативного воздействия на окружающую среду со стороны стационарных ОТИ железнодорожного транспорта. При штатной работе

любого объекта мероприятий по снижению уровня его воздействия на окружающую среду может быть мало. Ведь в момент аварийного режима работы такого ОТИ (авария, аварийный случай, теракт и проч.) любое негативное воздействие (а также его интенсивность, тяжесть последствий и т.п.) может быть увеличено в разы.

Так, при сбрасывании отработанных вод в экосистему или системы коммунального водоотведения (с нарушением нормативов) могут значительно пострадать природные водные объекты, инженерная инфраструктура водоснабжения и водоотведения. Но уровень нанесенного ущерба в момент аварийного сброса отравленных вод на стационарном ОТИ железнодорожного транспорта может быть превышен многократно, а ликвидация последствий загрязнения при авариях потребует значительных материальных ресурсов. Оче-

видно поэтому, что при повышении экологических требований к транспортной инфраструктуре нужно учитывать и коэффициент аварийности объекта (чем выше коэффициент, тем жестче требования). Осуществление регулярного производственного экологического контроля, проведение экологических аудитов должно также включать анализ коэффициента аварийности и тех мероприятий, которые проведены или запланированы, чтобы избежать аварий или снизить их частоту. Повышение же общей экономической эффективности природоохранной деятельности может происходить за счет снижения коэффициента аварийности.

Таким образом, критерий аварийности затрагивает все аспекты экологической работы на стационарном ОТИ железнодорожного транспорта и является обоснованным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Министерство транспорта РФ. Транспортная стратегия до 2030 года. [Электронный ресурс].— Режим доступа: <https://mintrans.gov.ru/documents/7/1009?type=0> (дата обращения 23.11.2022)
2. Общий курс железных дорог/ Под ред. Ю.И. Ефименко. М.: «Академия», 2005. 256 с.
3. Россия в цифрах: Транспорт. -[Электронный ресурс].— Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/G0yirKPV/Rus_2020.pdf (дата обращения 10.10.2022).
4. Госжелдорнадзор: Отчет об аварийности за 2021 г. [Электронный ресурс].— Режим доступа: https://railway.rostransnadzor.gov.ru/storage/folder_page/2022/02-02/SyRXcf4U/Приложение%20от%20от%2002.02.2022.pdf (дата обращения 12.07.2022)
5. Межгосударственный стандарт. Безопасность функциональная. Управление рисками в железнодорожном транспорте. [Электронный ресурс].— Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200127759> (дата обращения 09.09.2022)

© Ерёмина Ольга Юрьевна (olga_u_eryomina@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТРАВЯНОГО ЯРУСА БЕРЕЗОВЫХ КОЛКОВ В СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

ECOLOGICAL COMPOSITION OF THE HERBAL LAYER OF BIRCH POLES IN THE NORTHERN FOREST-STEPPE OF THE TYUMEN REGION

O. Kulyasova

Summary. In the conditions of the northern forest-steppe of the Tyumen region, the ecological composition of the grass layer of birch groves was studied. It is shown that in the kolkovy forests with an average crown density of 60–70%, heliophyte grass species predominate (62.3%). Among the trophomorphs of the herbaceous layer, species with moderate requirements for soil fertility (78.7%) are in the lead. In the composition of hydromorphs, more than 60% of the species are mesophytes. Among acidomorphs, 82% of species belong to the group of neutrophilic plants. According to phytoindication, the ecological regime of birch groves is characterized as a regime of light forests, with normal soil moisture, with a salt regime of fairly rich soils and acidity from neutral to slightly acidic. Plants of the herbaceous layer of birch pegs are representatives of 6 ecological and coenotic groups: betular species make up 45.9%, forest-steppe - 21.3%, meadow - 18.1%, pine forests - 8.2%, weeds - 4.9%, taiga - 1.6%.

Keywords: ecomorphs, ecological-coenotic groups, birch pegs; northern forest steppe.

Кулясова Оксана Алексеевна

*К.б.н., доцент, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень
oksana-2505kul@mail.ru*

Аннотация. В условиях северной лесостепи Тюменской области изучен экологический состав травяного яруса березовых колков. Показано, что в колковых лесах со средней сомкнутостью крон 60–70%, преобладают гелиофитные виды трав (62,3%). Среди трофоморф травяного яруса лидируют виды, средне требовательные к почвенному плодородию (78,7%). В составе гидроморф более 60% видов являются мезофитами. Среди ацидоморф 82% видов относятся к группе нейтрофильных растений. Согласно фитоиндикации, экологический режим березовых колков характеризуется как режим светлых лесов, с нормальным увлажнением почвы, с солевым режим довольно богатых почв и кислотностью от нейтральной до слабокислой. Растения травяного яруса березовых колков являются представителями 6 эколого-ценотических групп: бетулярные виды составляют 45,9%, лесостепные — 21,3%, луговые — 18,1%, боровые — 8,2%, сорные — 4,9%, таежные — 1,6%.

Ключевые слова: экоморфы, эколого-ценотические группы, березовые колки; северная лесостепь.

Введение

Березовые колочные леса — характерный элемент ландшафтов лесостепной зоны Западной Сибири. Березовые колки оказывают положительное влияние на окружающую среду, так как являются естественным мелиоративным фондом [1]. Березовые колки служат резервом для восстановления уничтоженных и трансформированных сообществ слабо облесенной лесостепной зоны, велика ресурсная значимость березовых колков как источников лекарственных видов растений и ценного растительного сырья [2].

Березовые колки формируются преимущественно в западинах суффозионно-просадочного происхождения, глубина которых в среднем составляет 1,5–2,5 м. В таких колочных западинах создаются микроклима-

тические и почвенно-гидрологические условия, отличные от экологических условий выровненных, более дренированных участков, на которых произрастают массивные березняки. Благодаря этому, березовые колки характеризуются особым видовым и экологическим составом всех ярусов растительности, в том числе травяного покрова, весьма чувствительного к влиянию факторов среды обитания.

В условиях лесостепной зоны Западной Сибири изучение травянистой растительности осуществлялось, преимущественно, в массивных березовых и осиново-березовых лесах [3–7]. По колковым березнякам таких исследований значительно меньше, и они касаются только отдельных территорий региона [2,8,9]. Для северной лесостепи Тюменской области работ, направленных на экологическую оценку травянистой

Таблица 1. Экологические группы растений травяного яруса березовых колков

Экологические группы растений	Количество видов	Доля от общего числа видов, %
Гелиоморфы		
Гелиофиты	38	62,3
Семигелиофиты	23	37,7
Гидроморфы		
Мезоксерофиты	15	24,6
Мезофиты	37	60,6
Мезогигрофиты	7	11,5
Гигрофиты	2	3,3
Трофоморфы		
Олиготрофы	4	6,6
Мезотрофы	48	78,7
Эвтрофы	9	14,7
Ацидоморфы		
Ацидофилы	11	18,0
Нейтрофилы	50	82,0

растительности березовых колков, совершенно не достаточно, что обуславливает актуальность нашего исследования.

Цель исследований

Изучение экологического состава травяного яруса березовых колков в условиях северной лесостепи Тюменской области.

Материалы и методы

Исследования проводились в 2021–2022 гг. на территории Абатского административного района Тюменской области, расположенного в подзоне северной лесостепи. Почвенный покров района исследования представлен преимущественно серыми лесными почвами. Климат района континентальный. Территория района достаточно обеспечена теплом (средняя июльская температура 18 °С, средняя январская –19,5 °С) и слабо обеспечена осадками (в среднем 380 мм в год, большая часть которых выпадает в теплое время года) [10].

Растительность травяного яруса изучалась в нарушенных вырубками колковых березовых лесах. Площадь колков в среднем составляла 2–3 га. Состав древостоя 10Б+Ос. Временные пробные площади включали не менее 20 деревьев основной породы. Учеты травянистой растительности на каждой пробной площади велись на 20 учетных площадках размером 1 × 1 м по методике А.П. Шенникова [11]. Принадлежность видов растений к экологическим группам по отношению к экологическим факторам: световому режиму; солевому богатству, кислотности и влажности почвы

определялась с использованием экологических шкал Д.Н. Цыганова [12]. Эколого-ценотические группы растений выделялись по А.В. Ронгинской [13]. Обилие видов травяного яруса оценивалось по шкале Друде [11].

Результаты и обсуждение

Травяной ярус изученных березовых колков включал 61 вид 50 родов 22 семейств. Наибольшей представленностью в ярусе отличались виды семейств Злаки (*Poaceae*), Розоцветные (*Rosaceae*), Сложноцветные (*Asteraceae*), Бобовые (*Fabaceae*), Зонтичные (*Apiaceae*), Яснотковые (*Lamiaceae*).

Экологические группы растений травяного яруса, объединяющие виды со сходными характеристиками толерантности в отношении того или иного фактора, выделялись на основе системы экоморф Д.Н. Цыганова по требовательности к освещенности экотопа (гелиоморфы), влажности почв (гидроморфы), солевому богатству почв (трофоморфы) и кислотности почв (ацидоморфы).

Анализ гелиоморф травяного яруса березовых колков показал, что по отношению к световому режиму в изученных сообществах можно выделить две экологические группы растений: гелиофиты (светолюбивые) и семигелиофиты (теневыносливые). Установлено, что в березовых колках со средней сомкнутостью крон 60–70% преобладают гелиофитные виды, которые составляют 62,3% от общего числа видов яруса (табл. 1). Таким образом, согласно данным фитоиндикации, в исследуемых колковых березняках сформировался режим светлых лесов (по Д.Н. Цыганову).

Таблица 2. Эколого-ценотические группы травяного яруса березовых колков

Эколого-ценотические группы растений	Количество видов	Доля от общего числа видов, %
Бетулярные	28	45,9
Лесостепные	13	21,3
Луговые	11	18,1
Боровые	5	8,2
Сорные	3	4,9
Таежные	1	1,6

По отношению к водному режиму травянистые растения березовых колков были нами отнесены к одной из четырех экологических групп: гигрофиты, мезогигрофиты, мезофиты и мезоксерофиты. Ксерофитные виды в травостое исследуемых березняков отсутствуют. Установлено, что в березовых колках преобладают мезофильные виды трав — 60,6% от общего числа видов. Значительно меньшую долю составляют виды, относящиеся к переходным экологическим группам — мезоксерофиты и мезогигрофиты (24,6% и 11,5% соответственно). Доля гигрофитных видов — 3,3%.

Такое соотношение экологических групп растений свидетельствует о том, что исследуемые березовые колки в целом характеризуются нормальным увлажнением почвы, от лугово-степного до влажно-лесолугового типа водного режима по Д.Н. Цыганову. Тем не менее, в них присутствуют отдельные участки с более низким (от среднестепного до сухостепного типа) и более высоким (от сыро-лесолугового до болотного типа) уровнем увлажнения. Первые характерны, преимущественно, для лесных опушек, вторые — для центральных частей колков, наиболее пониженных в рельефе, с близким залеганием грунтовых вод.

Анализ трофоморф березовых колков показал, что в травяном ярусе здесь лидируют виды, средне требовательные к почвенному плодородию (78,7%). Эвтрофные и олиготрофные виды составляют 14,7 и 6,6% соответственно. Таким образом, исследуемые фитоценозы в целом характеризуются средним уровнем плодородия почв (тип солевого режима довольно богатых почв), с участками более высокой трофности (тип солевого режима богатых почв), главным образом в понижениях рельефа.

По отношению к кислотности почвы в травяном покрове березовых колков нами выделены две экологические группы растений: ацидофилы (виды растений, произрастающие на кислых почвах) и нейтрофилы (растения нейтральных почв). Растения щелочных почв (алкалофилы) в колковых березняках не обнаружены. Как показывает анализ ацидоморф исследуемых со-

обществ, подавляющая часть видов травяного яруса (82%) принадлежит к группе нейтрофильных растений. Это свидетельствует о том, что почвы березовых колков характеризуются, преимущественно, кислотностью от нейтральной до слабокислой (рН от 7,0 до 5,5).

Анализ экоценотической приуроченности видов травяного яруса березовых колков показал, что изученные виды являются представителями 6 эколого-ценотических групп (ЭЦГ): бетулярные, луговые, лесостепные, боровые, таежные и сорные (табл. 2).

В травяном ярусе березовых колков на первом месте по числу входящих в неё видов находится бетулярная эколого-ценотическая группа (45,9%). Бетулярные растения отличаются в травостое колков наиболее высоким обилием (от *sp* до *cop*₂ по шкале Друде). Это такие виды, как костяника каменистая (*Rubus saxatilis*), земляника лесная (*Fragaria vesca*), медуница неясная (*Pulmonaria obscura*), вейник пурпуровый (*Calamagrostis purpurea*), таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria*), дудник лесной (*Angelica sylvestris*).

На втором месте по представленности в травяном ярусе находятся виды лесостепной ЭЦГ (21,3%). Для растительных сообществ подзоны северной лесостепи такие виды весьма обычны. Однако, в связи с тем, что эти виды, преимущественно, являются мезоксерофитами и гелиофитами, в березовых колках они обычно приурочены к наиболее дренированным и хорошо освещенным участкам. Существенный вклад в сложение яруса вносят такие лесостепные виды, как мятлик узколистный (*Poa angustifolia*), таволга обыкновенная (*Filipendula vulgaris*), таволга степная (*Filipendula stepposa*), тысячелистник азиатский (*Achillea asiatica*), зопник клубненосный (*Phlomis tuberosa*), порезник сибирский (*Heracleum sibiricum*).

Растения луговой ЭЦГ составляют 18,1% от общего числа видов травяного яруса березовых колков. Это также светолюбивые растения, «тяготеющие», главным образом, к лесным опушкам и «окнам» в древесном по-

логе. Достаточно высоким обилием (*sp-cop₁*) в травяном ярусе колков характеризуются такие луговые виды, как полевица гигантская (*Agrostis gigantean*), тростник южный (*Phragmites australis*), вейник пурпуровый.

К группе боровых растений относятся 8,2% видов травяного яруса березовых колков. В первую очередь, это виды семейства Ericaceae: ортилия однобокая (*Orthilia secunda*) и грушанка круглолистная (*Pyrola rotundifolia*), а также лесная орхидея любка двулистная (*Platanthera bifolia*). Корневая система этих растений развивается, преимущественно, в лесной подстилке. Благоприятные условия для разрастания данных видов создаются в наиболее затененных участках колков, с густым подлеском из кустарников, где сформировалась достаточно мощная подстилка из листьев, а общее пассивное покрытие почвы травами невысокое.

Здесь же встречается единственный представитель таежной ЭЦГ травяного покрова березовых колков — корнеподстилочный вид майник двулистный (*Majanthemum bifolium*). Он «предпочитает» наиболее тенистые местообитания с хорошо развитой лесной подстилкой, где растительный покров разреженный и конкуренция со стороны других видов трав минимальная.

К ЭЦГ сорных растений относятся лишь три вида травяного яруса колковых березняков — очиток пурпурный (*Sedum purpureum*), хвощ полевой (*Equisetum arvense*) и пырей ползучий (*Elytrigia repens*). Обилие видов в ярусе от «единично» и «рассеянно» до «довольно обильно» по шкале Друде, что свидетельствует об умеренной антропогенной нагрузке на данные фитоценозы.

Выводы

1. Травяной ярус березовых колков включает 61 вид 50 родов 22 семейств. Наиболее представ-

лены в ярусе виды семейств *Poaceae*, *Rosaceae*, *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Apiaceae*, *Lamiaceae*.

2. Гелиофитные виды составляют в травяном ярусе 62,3%; семигелиофитные виды — 37,7%. Данное соотношение гелиоморф говорит о том, что в исследуемых колковых березняках сформировался экологический режим светлых лесов.
3. Среди трофоморф лидируют виды, средне требовательные к почвенному плодородию (78,7%). Эвтрофные и олиготрофные виды составляют 14,7 и 6,6% соответственно. Согласно фитоиндикации, березовые колки в целом характеризуются средним уровнем плодородия почв (тип солевого режима довольно богатых почв).
4. Мезофильные виды составляют 60,6% от всех видов травостоя; мезоксерофиты — 24,6%; мезогигрофиты — 11,5%; гигрофиты — 3,3%. Исследуемые березовые колки в целом характеризуются нормальным увлажнением почвы, от лугово-степного до влажно-лесолугового типа водного режима.
5. К группе нейтрофильных растений относятся 82% видов травяного яруса. Это свидетельствует о том, что почвы березовых колков характеризуются кислотностью от нейтральной до слабокислой (рН от 7,0 до 5,5).
6. Растения травяного яруса березовых колков являются представителями 6 эколого-ценотических групп: бетулярные виды составляют 45,9%, лесостепные — 21,3%, луговые — 18,1%, боровые — 8,2%, сорные — 4,9%, таежные — 1,6%.
7. Бетулярные виды равномерно распределены по всей площади экотопа; луговые и лесостепные приурочены к лесным опушкам и «окнам» в древесном пологе; боровые и таежные — к участкам с хорошо развитой лесной подстилкой и разреженным растительным покровом; сорные виды распределены в травостое рассеянно, что свидетельствует об умеренной антропогенной нагрузке на данные сообщества.

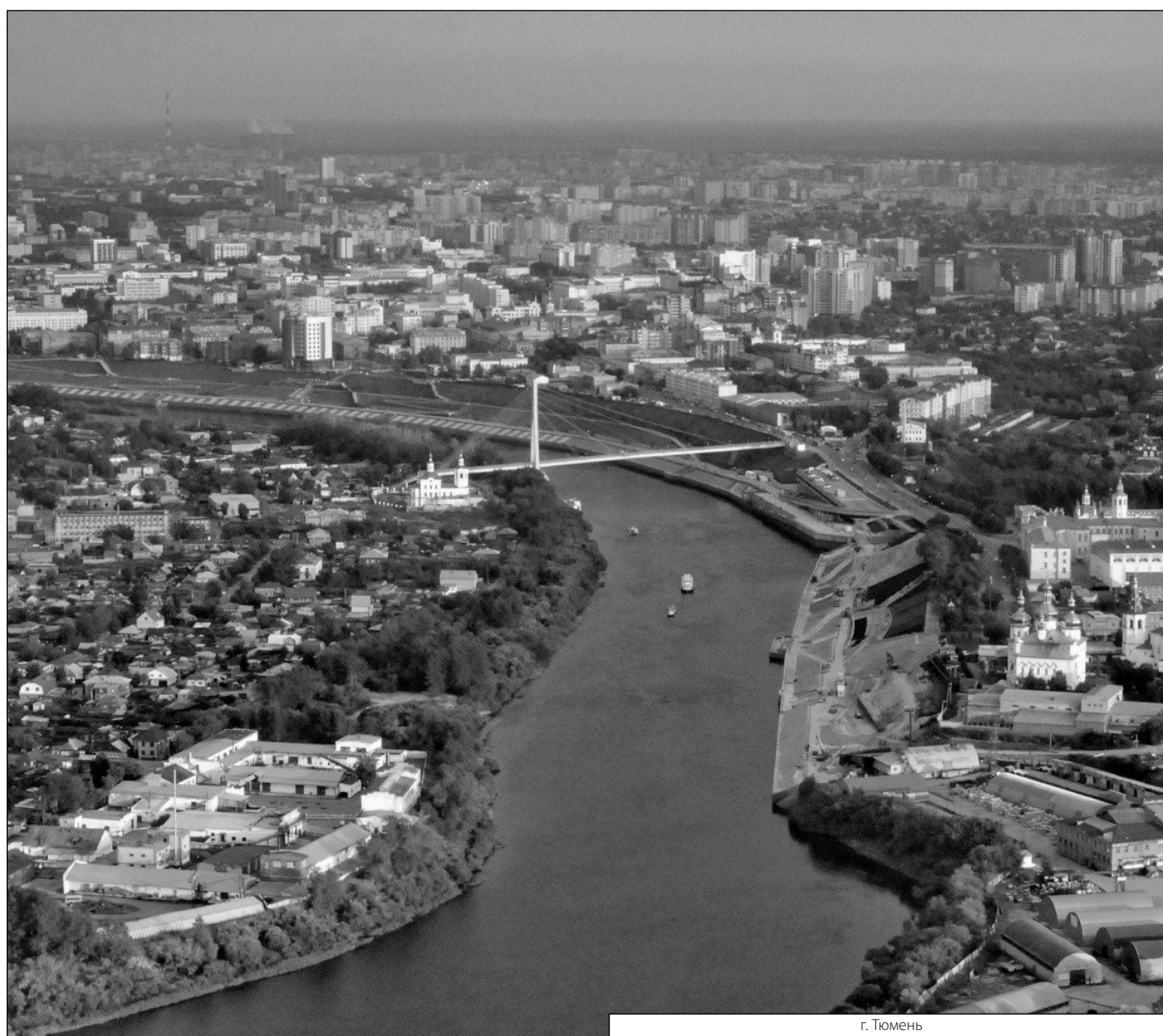
ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов А.В. Изменение компонентов лесной растительности юга Средней Сибири под воздействием антропогенных факторов: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Красноярск, 1970. 37 с.
2. Соколова Г.Г. Влияние опаживания на видовой состав и структуру березовых колков Алтайского края / Г.Г. Соколова // География и природопользование Сибири. — 2015. — № 20. — С. 154–159.
3. Антипкина И.И. Динамика травяного покрова в березняках, поврежденных непарным шелкопрядом (*Lymantria dispar* L.) на юге Тюменской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук / И.И. Антипкина. — Тюмень, 2006. — 26 с.
4. Кругляков П.М. Динамика флористического состава березняков правобережья Оби под влиянием рубки различной интенсивности: автореф. дис. ... канд. биол. наук / П.М. Кругляков. — Томск, 2006. — 19 с.
5. Новик А.А. Травянистые растения березового леса, расположенного в окрестностях города Заводоуковска / А.А. Новик // Полевые и экспериментальные исследования биологических систем. Материалы V Всероссийской с международным участием школы-конференции молодых исследователей. — Ишим, 2019. — С. 18–19.

6. Шишкин А.М. Флористические особенности типов березовых лесов северной лесостепи Западной Сибири / А.М. Шишкин, О.А. Кулясова, Р.И. Иванова // Лесохозяйственная информация. — 2019. — № 2. — С. 55–68.
7. Харитонцев Б.С. Особенности березовых лесов юга Тюменской области / Б.С. Харитонцев, В.Р. Аллаярова // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. — 2020. — № 19–1. — С. 198–202.
8. Чернова Н.А. Разнообразие растительных сообществ осиново-березовых колков Обь-Томского междуречья / Н.А. Чернова, Н.Н. Пологова // Био-разнообразие: глобальные и региональные процессы: Материалы Всероссийской конференции молодых ученых. Улан-Удэ: Бурятский научный центр Сибирского отделения РАН, 2013. — С. 89–90.
9. Голощапова Ю.Ю. Эколого-фитоценотическая оценка березняков Омской области / Ю.Ю. Голощапова // Вагановские чтения: Материалы VII региональной научно-практической конференции. Тара: ООО «Амфора», 2014. — С. 182–193.
10. Иваненко А.С., Кулясова О.А. Агроклиматические условия Тюменской области. Тюмень: Изд-во ТГСХА, 2008.
11. Шенников А.П. Введение в геоботанику. Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. — 447 с.
12. Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов / Д.Н. Цыганов. — М.: Наука, 1983. — 197 с.
13. Ронгинская А.В. Динамические процессы в луговых фитоценозах / А.В. Ронгинская. — Новосибирск: Наука, 1988. — 159 с.

© Кулясова Оксана Алексеевна (oksana-2505kul@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Тюмень

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ЭКОСИСТЕМЕ РЕКИ КОЛЫМА

HEAVY METALS
IN THE KOLYMA RIVER ECOSYSTEM

M. Tyaptirgyanov

Summary. This article discusses the problems of anthropogenic influence on aquatic biota, including mining, household wastewater, which led to the eutrophication of one of the major river systems of northern Asia — the Kolyma River. Questions about the ways of migration and accumulation of heavy metals in the aquatic ecosystem are very relevant for the reservoirs of Yakutia, where mining is carried out. In the Kolyma river, many heavy metals and their compounds were characteristic pollutants. The excess of MPC ranged from 50–100% of the water sample, ranging from 1 to 3 MPC in terms of mercury, cadmium and lead. Violation of the temperature optimum negatively affected salmon and whitefish species. A powerful anthropogenic impact on aquatic ecosystems has led to a significant decrease in the proportion of whitefish and an increase in perch-carp fish. The issues raised do not cover the full extent of the study of the problem of the sustainability of aquatic ecosystems and the forecast of man-made impacts and require further comprehensive research by a wide range of specialists of the Magadan region and the Republic of Yakutia.

Keywords: heavy metals, toxicity, eutrophication, highly mineralized discharges, mercury, cadmium, lead, trophicity, maximum permissible concentrations (MPC), anomalies in development.

Тяптурьянов Матвей Матвеевич

Д.б.н., профессор Института естественных наук
Северо-Восточного федерального университета
им. М.К. Аммосова
matyap@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены проблемы антропогенного влияния на водную биоту, к ним относятся горнодобывающее производство, хозяйственно-бытовые стоки, что повлекло за собой эвтрофикацию одной из крупных речных систем северной Азии — реки Колымы. Вопросы о путях миграций и накопления тяжелых металлов в водной экосистеме весьма актуальны для водоемов Якутии, где ведется добыча полезных ископаемых. В р. Колыма характерным загрязняющим веществам относились многие тяжелые металлы и их соединения. Превышение ПДК колебалось в пределах 50–100% пробы воды, составляя от 1 до 3 ПДК по содержанию ртути, кадмия и свинца. Нарушение температурного оптимума отрицательно сказалось на лососевых и сиговых видах рыб. Мощное антропогенное влияние на водные экосистемы привело к существенному снижению доли сиговых и возрастанию окунево-карповых рыб. Затронутые вопросы не охватывают всей полноты изученности проблемы устойчивости водных экосистем и прогноза техногенного воздействия и требуют дальнейших комплексных исследований со стороны широкого круга специалистов Магаданской области и Республики Якутия.

Ключевые слова: тяжелые металлы, токсичность, эвтрофирование, высокоминерализованные сбросы, ртуть, кадмий, свинец, трофность, предельно допустимые концентрации, аномалии в развитии.

Введение

Река Колыма образуется слиянием рек Кулу и Аян-Юрх, берущих начало в отрогах хребта Черского и впадает в Восточно-Сибирское море. От места слияния до устья Колыма имеет продолжительность 2129 км, площадь водосбора — 643 тыс. км², в том числе дельты — 13400 км². В верхнем течении, до устья р. Бахапча, течет в узкой и глубокой долине; в русле местами шиверы и пороги, особенно значительные (Прижимающий и Длинный) — выше устья р. Бахапчи. Справа впадает р. Детрин. В среднем течении Колымы долина широкая. Основные притоки: справа — Буюнда, Балагачан, Сугой, Коркодон; слева — Сеймчан. В нижнем течении на протяжении 1150 км протекает по Колымской низменности, левый берег низменный, правый — местами гористый. Русло извилистое и разбивается на рукава. Наиболее крупные притоки: Поповка, Ясачная, Ожогина, Седедема — слева; Березовка, Омолон, Анюй — справа. Впадает в Колымский залив Восточно-Сибирского моря тремя главными про-

токами: Колымской (Команной), правой, судоходной, Походской и Чукочьей. Длина дельты 110 км, площадь 3000 км². Питание смешанное: снеговое (47%), дождевое (42%) и подземное (11%). Половодье с середины мая по сентябрь. Размах колебания уровня до 14 м. Средний расход воды у г. Среднеколымска (641 км от устья) 2250 м³/сек, наибольший — 25100 м³/сек (июнь), наименьший — 23,5 м³/сек (апрель). Годовой сток в устье 123 км³ (3900 м³/сек). Среднегодовой сток наносов 5,5 млн. т. Замерзает в середине октября, реже в конце сентября. Перед ледоставом ледоход и шугоход продолжительностью от 2 суток до месяца, зазоры. Зимой наледи, русловые и обширные грунтовые. Вскрывается во второй половине мая, начале июня. Ледоход длится от 2 до 18 суток, сопровождается заторами. Колыма судоходна от устья р. Бахапча, навигация 3–3,5 месяца [1]. В бассейне Колымы из полезных ископаемых, в основном, — золото [2, 3].

Основные рыбопромысловые участки северо-востока Якутии расположены на административной тер-

ритории Нижнеколымского района, где общая площадь водоемов (рек, проток, висок, озер) составляет 14566 км². Общий рыбохозяйственный фонд представлен 16 реками и 2 крупными протоками: Стадухинской, протяженностью 254 км и Чукочьей — 60 км [4].

Площадь рыбохозяйственного фонда озер — 12716 км². Протяженность береговой линии Восточно-Сибирского моря, омывающего его северную часть, составляет 560 км, а его площадь — 913 тыс. км² [4].

Эти реки используются для лесосплава, в интересах рыбного хозяйства (рыболовство и рыбоводство) и рекреации.

Результаты и обсуждение

Известно, что сточные воды горноперерабатывающих производств изменяют физико-химические параметры водоемов и создают новое качество — токсичность среды обитания. Дымовые выбросы предприятий оловорудной, золото- и алмазодобывающей промышленности загрязняют территории водосборов рек органическими и неорганическими солями и тяжелыми металлами, которые поступают в реки с талыми водами и дождевыми осадками. Результаты исследования показали, что сброс минерализованных вод из временного накопителя и дренажных полигонов оказывает определенное влияние на формирование гидрохимического режима обследованного водоема. Хозяйственно-бытовые стоки городов и поселков, а также животноводческих ферм (песец, лисица, нутрия, крупный рогатый и мелкий скот и др.) вносят биогенные элементы и способствуют эвтрофированию северных водоемов. Химический состав их вод находится под прямым воздействием высокоминерализованных сбросов. В результате химический состав воды изменился с гидрокарбонатно-кальциевого на хлоридно-натриевый.

Изменение абиотических параметров некоторых водоемов России, имеющих различную направленность и степень проявления, повлекло за собой изменение водных сообществ [5, 6, 7, 8, 9, 10]. Вопросы о путях миграций и накопления тяжелых металлов в водной экосистеме весьма актуальны для водоемов Якутии, где ведется добыча полезных ископаемых. Уровни накопления металлов в организмах рыб и беспозвоночных остаются неизменными несколько лет, повторное их загрязнение может проходить в воде и в донных отложениях. В р. Колыма характерным загрязняющим веществам относились азот аммонийный, соединения меди, ртути, кадмия, свинца, марганца, фенолы и легкоокисляемые органические вещества превышение ПДК колебалось в пределах 50–100% пробы воды, составляя в среднем от 1 до 3 ПДК по содержанию рыб — по ртути, кадмию и свинцу.

В целом структурные изменения в сообществах водных беспозвоночных организмов при антропогенном прессе сводятся к выпадению их из списка видов, ранее существовавших типичных представителей фауны северных водоемов, либо их полной замене, например, солоноватоводными организмами [11].

Интенсивное развитие горнодобывающей промышленности и ее инфраструктур в начале 60-х гг. прошлого столетия на Северо-Востоке России требовало значительного увеличения мощности энергообеспечения. Использование для этих целей гидроэлектростанций, весьма эффективных и надежных источников энергии, не вызвало никаких сомнений. Отсутствие скрупулезных экологических экспертиз на стадии проектной документации не могло дать объективных прогнозных оценок влияния зарегулирования крупных рек на структуру и функционирование весьма хрупких природных экосистем, в т.ч. и водных, в условиях криолитозоны [11].

Известно, что водохранилища, хотя и являются результатом деятельности человека, обладают многими свойствами естественных водоемов [11]. Мощное антропогенное влияние последних десятилетий (загрязнения, разрушение нерестилищ, селективный промысел, интродукция чужеродных видов и др.) на водные экосистемы, нарушившие исторически сложившуюся структуру рыбного населения в Колымском бассейне, привело к существенному снижению доли сиговых и возрастанию окунево-карповых рыб. В нижнем бьефе изменение экологической обстановки привело к полному уничтожению крупных нерестилищ сибирского осетра.

Снижение уровня воды к весне на 7–8 м в результате сработки сливной линзы приводит к тому, что лед оседает на наиболее продуктивной части мелководья, удобной для размножения осенненерестующих рыб. Икра, отложенная на двух-трехметровой глубине, погибает, и пополнение популяций за счет естественного воспроизводства становится невозможным [11, 12, 13].

В нижнем бьефе р. Колыма изменилась экология аборигенных видов рыб: динамика возрастного состава, абсолютная и относительная плодовитость, сроки полового созревания, нереста, и др. часто встречались рыбы (щука, окунь, плотва) с аномалиями в развитии (укороченное рыло, деформированный позвоночник и др.) [11].

На примере, Колымского водохранилища, можно сказать, что с момента заполнения ложа водохранилища началась эвтрофикация водоема за счет поступления большого количества биогенных элементов из по-

чвы и растительности, что привело к повышению его трофического статуса. В свою очередь, увеличение трофности обусловило сукцессию фауны рыб, известную для северных водоемов последовательной сменой лососевого комплекса на сиговый, затем на сигово-щучье-окуневый с последующим переходом к карповому. Например, этот процесс был многократно ускорен рыболовством (биологическая форма воздействия), определившим промысловую сукцессию рыб и превратившим в окунево-плотвичный водоем [14, 15].

Значительные изменения в рыбном сообществе произошли и в нижнем течении Колымы. Сказалось влияние кардинального изменения объема годового стока реки [10, 16, 17, 18]. До зарегулирования реки весенний паводок обеспечивал свыше 70% годового расхода воды, зимой сток сокращался до 20%. После строительства плотины ГЭС основная часть стока за счет сработки сливной линзы переместилась на зимний сезон — 58%, весенний сток составляет 16%, летний — 10% и осенний — 16% годового. Следствием перераспределения стока явилось тепловое загрязнение реки в результате сброса через турбины ГЭС холодной воды летом и относительно теплой зимой. Тепловой сток в нижнем бьефе реки уменьшился на 110×10^9 кВт ч/год. Нарушение температурного оптимума отрицательно сказалось на лососевых (ленок, таймень) и сиговых (нельма, пыжьян) видах рыб. Эвритермные виды (плотва, окунь) оказались в благоприятных условиях, а увеличение их численности только усугубило положение stenotherмных видов рыб.

Вместе с тем уменьшение весеннего стока изменило уровень паводка, площадь затопляемых прибрежных и количество нерестовых участков весенне-нерестующих видов рыб. На эвритермные короткоцикловые виды рыб перераспределение годового стока оказывает двоякое действие: с одной стороны, создает благоприятные условия для обитания, с другой, ухудшает условия воспроизводства [11, 19].

Тепловое загрязнение нижнего бьефа Колымы сопровождается химическим. Особенно ярко химическая форма воздействия на ихтиофауну была выражена в период формирования водохранилища и сброса в нижний бьеф воды с высоким содержанием фенолов [11, 13, 15].

И еще одна форма антропогенного воздействия на рыб (физическая), появившаяся в результате зарегулирования стока, — действие турбин Колымского каскада ГЭС. При скате через турбины наблюдаются механические (раны, обрывы плавников) и биологические (разрыв плавательного пузыря, кровоизлияние) повреждения, аномальное поведение (нарушение ори-

ентации, двигательной активности, реакции на раздражители) [4, 9, 18].

Зарегулирование речного стока Колымы в энергетических целях изначально является физической формой антропогенного воздействия на биологические объекты и, прежде всего, на рыб. Однако, как видно из приведенных примеров, перекрытие реки плотиной ГЭС обусловило включение и остальных форм — химической и биологической. Отрицательное действие на гидробионтов, идет сразу по нескольким направлениям, обостряя общую стрессовую ситуацию в речной экосистеме [19].

Стрессовое влияние ГЭС на рыб в нижнем Колыме усиливается жестким прессом техногенного воздействия золотодобывающей промышленности.

Химическое воздействие на гидробионтов увеличивается сбросом токсических веществ, входящих в состав сбросных вод. Они включают соли стронция, хрома, лития и другие высокотоксичные вещества. Токсиканты депонируются в мышцах и органах рыб, продукты питания из которых становятся опасными для человека.

Результаты исследований показывают, что при зарегулировании речного стока (Вилуйская и Колымская ГЭС) пики половодий и летних паводков резко срезаются, устраняя тем самым условия затопления пойменных озер и низин (до 50%) — основных биотопов нагула туводной ихтиофауны и воспроизводства весенне-нерестующих рыб. Отсутствие озерно-речной связи также препятствует выходу из озер половозрелой части популяции чира, пеляди, тем самым приводит в напряженное состояние их запасы, особенно, в бассейне Колымы [11, 12].

Верхний бьеф водохранилища является механическим барьером на пути миграции твердых стоков, вызывая стойкое изменение руслообразующих процессов и качества воды на значительном расстоянии речной системы, с обваловкой берегов и резким сокращением литеральной зоны — наиболее продуктивных участков, как в кормовом, так и в нерестовом отношении для рыбного населения [20]. Плотина ГЭС в целом ограничивает качественный состав ихтиофауны, препятствует прохождению нерестовой миграции ценных промысловых рыб — сибирского осетра, нельмы и чира для р. Колыма, запасы которых в настоящее время находятся в катастрофическом состоянии, а также кеты и горбуши.

Затопление огромных лесных площадей без предварительной очистки ложа водохранилищ Колымской ГЭС вызвала существенные изменения качества воды,

образование обширных бескислородных зон и, как следствие, угнетение жизнедеятельности водной биоты на всех уровнях трофических цепей [4, 10, 15, 16].

На водную биоту большое физиологическое влияние оказывает изменение термического режима воды, связанное с созданием водохранилища и регулированием сезонного стока реки. Выявлено, что в первую половину безледного периода водохранилище оказывает на воду нижнего бьефа охлаждающее влияние, во второй и зимний периоды — тепляющее на расстоянии до 1000 и более километров. Эффект низких температур в нерестовый период для весенне-нерестующих рыб выражается в запоздании сроков нереста на 30–40 суток, как видно из Вилюйского водохранилища. Осенне-зимнее повышение температуры, наоборот, провоцирует не только более ранний по сроку выклев личинок сиговых рыб и налима, обрекая их на значительную элиминацию, но и поздние сроки нерестового подъема сибирской ряпушки и омуля Колымы, что значительно снижает показатели рыбодобычи указанных видов [10, 15].

Заключение

Результаты исследований показывают, что при регулировании речного стока пики половодий и летних павод-

ков резко «срезаются». Плотины ГЭС в целом ограничивают качественный состав ихтиофауны, отсутствует прохождение нерестовой миграции ценных промысловых рыб. Затопление огромных лесных площадей без предварительной очистки ложа вызывает существенные изменения качества воды, образование обширных бескислородных зон и, как следствие, угнетение жизнедеятельности водной биоты на всех уровнях трофических цепей.

При заполнении ложа водохранилища глубоко под воду ушли основные нерестовые площади чира, сига-пыжьяна и потеряли свое значение как репродуктивные центры популяции этих видов рыб.

Сферы деятельности народного хозяйства является еще одним мощным источником комплексного антропогенного воздействия (физического, химического и биологического) на фауны рыб Якутии.

Затронутые вопросы не охватывают всей полноты изученности проблемы устойчивости водных экосистем и прогноза при широкомасштабном техногенном воздействии в условиях многолетней мерзлоты и требуют дальнейших комплексных исследований со стороны широкого круга специалистов Магаданской области и Республики Якутия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чистяков Г.Е. Водные ресурсы рек Якутии. — М.: Наука, 1964. — 255 с.
2. Ресурсы поверхностных вод. — Л.: Гидрометеоздат, 1969. — Т. 19. — 284 с.
3. Север Дальнего Востока / Под ред. Н.А. Шило. — М.: Наука, 1970. — 488 с.
4. Новиков А.С. Рыбы реки Колымы. — М.: Наука, 1966. — 136 с.
5. Безматерных Д.М. Влияние антропогенного загрязнения на структуру макрозообентоса реки Барнаулки (бассейн Верхней Оби). — Водные ресурсы, т. 45, № 1, 2018. — С. 52–61.
6. Скрипкина Т.С., Бычков А.Л., Смоляков Б.С. и др. Изменение продуктивности фитопланктона при введении в экосистему тяжелых металлов и последующей очистке гуминовым сорбентом. — Водные ресурсы, т. 46, № 2, 2019. — С. 207–213.
7. Харина Г.В., Алешина Л.В. Оценка загрязнения питьевой воды Свердловской области тяжелыми металлами. — Водное хозяйство России, № 1, 2020. — С. 124–134.
8. Богомолов А.В., Лепехин А.П., Ляхин Ю.С. и др. К вопросу оценки качества воды Аргазинского водохранилища. — Водное хозяйство России, № 1, 2021. — С. 6–23.
9. Маргарян В.Г., Саядян О.Я., Гайдукова Е.В. и др. Влияние отходов животноводства на экологическое состояние речных систем бассейна озера Севан. — Водное хозяйство России, № 5, 2022. — С. 107–118.
10. Тяптиргянов М.М. Изменение рыбного населения пресноводных водоемов Якутии в условиях антропогенного загрязнения. — М., 2016. — 308 с.
11. Тяптиргянов М.М. Влияние гидросооружений на запасы сиговых рыб в условиях Крайнего Севера (на примере Вилюйской ГЭС) // IV Всесоюз. Сопровождение по биологии и биотехнике разведения сиговых рыб. — Л., 1990. — С. 106–107.
12. Тяптиргянов М.М. К анализу происходящих изменений в структуре рыбной части сообщества в водоемах Якутии (под воздействием антропогенного фактора) // Зоогеографические и экологические исследования животных Якутии. — Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1992. — С. 17–25.
13. Кириллов Ф.Н., Тяптиргянов М.М., Кириллов А.Ф. Промысловая и популяционные аспекты рыб Вилюйского водохранилища // Биологические проблемы Севера (Материалы 6 симпозиума). — Якутск, 1974. — С. 60–67.
14. Кириллов Ф.Н., Кириллов А.Ф., Лабутина Т.М. и др. Биология Вилюйского водохранилища. — Новосибирск: Наука, 1979. — 271 с.
15. Кириллов Ф.Н. Рыбы Якутии. — М.: Изд-во: Наука, 1972. — 358 с.
16. Оловин Б.А., Колмаков Б.И., Федоряк В.И. Техногенные изменения природных условий в системе гидроузлов — среда на Крайнем Севере // Влияние ГЭС на окружающую среду в условиях Крайнего Севера. Сборник научных трудов. — Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1987. — С. 42–57.

17. Тяптиргянов М.М., Кириллов А.Ф., Ларионов С.В. Влияние качества воды на ихтиофауну нижнего бьефа реки Вилюй // Вопросы региональной гигиены, санитарии и эпидемиологии. — Якутск, 1990. — С. 225–227.
18. Саввинов Д.Д., Тяптиргянов М.М., Кривошапкин В.Г. и др. Экология бассейна реки Вилюй: промышленное загрязнение. — Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1992. — 119 с.
19. Кириллов А.Ф. Промысловые рыбы Вилюйского водохранилища. — Якутск: ЯНЦ СО АН СССР, 1989. — 108 с.
20. Ильина Л.К., Гордеев Н.А. Значение уровня режима для рыбного хозяйства водохранилищ // Водн. ресурсы. — 1980. — № 2. — С. 123–136.

© Тяптиргянов Матвей Матвеевич (matyap@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Северо-восточный федеральный университет им М.К. Аммосова

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ БОЛЬШИХ ДАННЫХ НА ДОСТИЖЕНИЕ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

THE IMPACT OF BIG DATA TECHNOLOGIES ON ACHIEVING SUSTAINABLE ENVIRONMENTAL DEVELOPMENT GOALS

S. Afanasyev
T. Voronin
S. Cherevkov

Summary. This article is devoted to the analysis of the impact of big data collection, storage and analysis technologies on the achievement of sustainable environmental development goals. The positive and negative consequences of technology development are considered, special attention is paid to the negative consequences. Conclusions are drawn regarding the directions for the development of data processing centers, the improvement of which will help minimize negative impacts on the environment. The current best practices in the field of organizing energy-efficient approaches to computing, construction and operation of data processing centers are described. The work uses the results of the project “Intelligent analysis of big data in the tasks of protecting ecology and the environment”, supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under the Agreement of Lomonosov Moscow State University with the Project Support Fund of the National Technology Initiative dated December 15, 2021 No. 70–2021–00252.

Keywords: computing, ecology, energy efficiency, sustainable development, big data, artificial intelligence.

Афанасьев Сергей Дмитриевич

Кандидат юридических наук, ведущий специалист,
Центр хранения и анализа больших данных; МГУ имени
М.В. Ломоносова, Москва
sergei.afanasev@digital.msu.ru

Воронин Тимофей Валерьевич

Специалист, Центр хранения и анализа больших
данных, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва
voronin@digital.msu.ru

Черевков Станислав Станиславович

Ведущий специалист, Центр хранения и анализа
больших данных, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва
cherevkovss@digital.msu.ru

Аннотация. Статья посвящена анализу влияния технологий сбора, хранения и анализа больших данных на достижение целей устойчивого экологического развития. Рассмотрены позитивные и негативные последствия развития технологий, особое внимание уделено негативным последствиям. Сформулированы выводы относительно направлений развития центров обработки данных, совершенствование в которых способствует минимизации негативных воздействий на окружающую среду. Описаны существующие на текущий момент лучшие практики в области организации энергоэффективных подходов к вычислениям, строительству и эксплуатации центров обработки данных. В работе использованы результаты проекта «Интеллектуальный анализ больших данных в задачах охраны экологии и окружающей среды», поддерживаемого Министерством науки и высшего образования Российской Федерации по Договору МГУ имени М.В. Ломоносова с Фондом поддержки проектов Национальной технологической инициативы от 15.12.2021 г. № 70–2021–00252.

Ключевые слова: вычисления, экология, энергоэффективность, устойчивое развитие, большие данные, искусственный интеллект.

Введение

Повестка устойчивого развития становится все более актуальной: в данной области реализуются масштабные фундаментальные и прикладные научно-исследовательские работы, разрабатываются и развиваются инновационные проекты. По мере развития технологий сбора, хранения и обработки данных они постепенно внедряются в процесс изучения и содействия достижению целей и реализации задач в области устойчивого развития. Цели устойчивого развития, принятые на Генеральной ассамблее ООН 25 сентября 2015 г. в рамках Резолюции 70/1 «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года», охваты-

вают широкий вызовов глобального развития, для преодоления которых необходима консолидация усилий разных стран. Важность участия в достижении целей устойчивого развития в Российской Федерации обозначена на государственном уровне в нескольких документах стратегического планирования и целеполагания. Среди 17 целей устойчивого развития ООН 3 цели непосредственно связаны с экологической повесткой (цели 13–15).

На текущий момент технологии больших данных и искусственного интеллекта начинают активно применяться в промышленности, транспорте, в сфере энергетики и ЖКХ, а также в области сельского хозяйства. Данные отрасли являются одними из основных источников

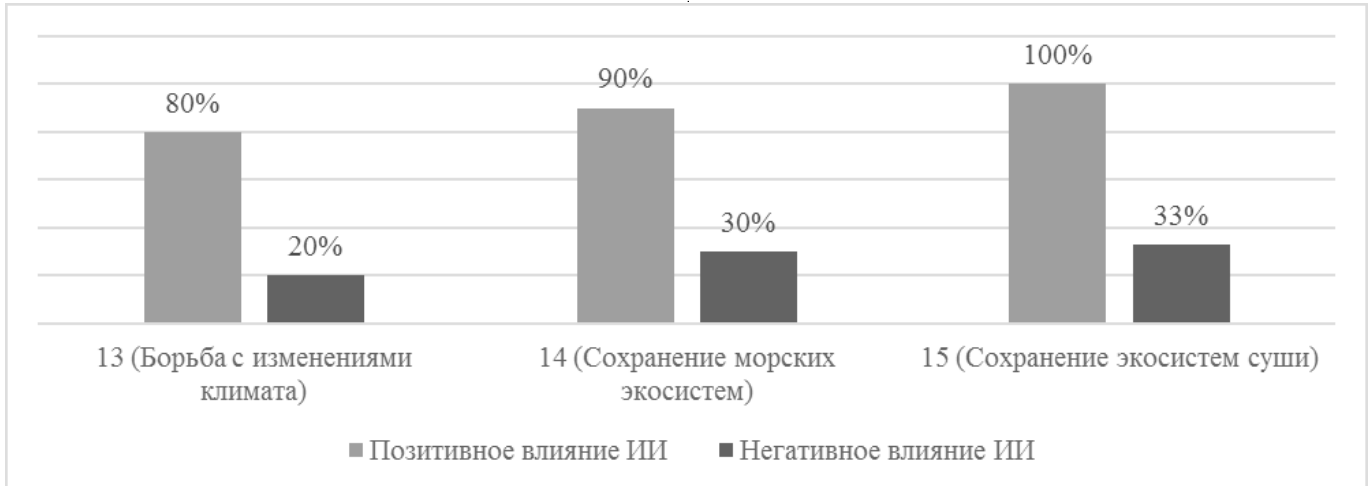


Рис. 1. Доля задач ЦУР ООН, на достижение которых влияет внедрение искусственного интеллекта
 Источник: R. Vinuesa, H. Azizpour, I. Leite, M. Balaam, V. Dignum, S. Domisch, A. Felländer, S.D. Langhans, M. Tegmark, F.F. Nerini. The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals // Nature Communications volume 11, Article number: 233 (2020) DOI: 10.1038/s41467-019-14108-y // URL: <https://www.nature.com/articles/s41467-019-14108-y> (дата обращения 25.11.2022)

загрязнения окружающей среды, поэтому повышение энергоэффективности процессов в них способно существенно повлиять на достижение ЦУР.

Одновременно с этим, развитие технологий больших данных и ИИ требует увеличения объема вычислительных ресурсов, потребляющих большой объем энергии и, следовательно, являющихся источником загрязнения окружающей среды. Ожидается, что общий спрос на электроэнергию за счет информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) потребует до 20% мировой энергии к 2030 году по сравнению с 1–2% на текущий момент [1].

Большие данные и искусственный интеллект неоднозначно влияют на достижение целей устойчивого развития, связанных с экологической повесткой. С одной стороны системы, программные решения и инновации, основанные на технологиях больших данных и ИИ, способны повышать качество мониторинга и прогнозирования процессов в биосистемах и применяться в цифровых решениях, способствующих повышению эффективности расходования ресурсов и минимизации негативного воздействия на окружающую среду, с другой — для их функционирования требуются значительные ресурсы ЦОДов, функционирование которых приводит к пагубному воздействию на среду.

Текущие и перспективные последствия применения больших данных и ИИ в проектах, ориентированных на достижение ЦУР ООН, оцениваются преимущественно позитивно. По данным исследования [2], положи-

тельные эффекты от развития и внедрения ИИ в части достижения ЦУР могут быть получены в первую очередь за счет возможности анализа крупномасштабных взаимосвязанных баз данных для разработки совместных действий, направленных на сохранение окружающей среды. При позитивном влиянии искусственного интеллекта на реализацию 79% всех задач ЦУР ООН и негативном — на реализацию 35% задач, для ЦУР в области характерен большой потенциал эффективного использования ИИ и больших данных: технология позитивно влияет на достижение более чем 80% задач, а по одной из ЦУР внедрение искусственного интеллекта способно позитивно повлиять на реализацию 100% задач (рисунок 1).

Научно-исследовательские и коммерческие проекты, ориентированные на сбор и обработку больших данных о состоянии и изменениях процессов окружающей среды способны оказать существенное влияние на достижение целей устойчивого развития, однако, крайне актуальным вызовом становится разработка энергоэффективных технологических решений и подходов к организации процессов сбора, хранения и анализа больших данных и к обеспечению устойчивого развития центров обработки данных (ЦОД).

Влияние развития технологий сбора, хранения и анализа больших данных на достижение целей устойчивого развития должно оцениваться исходя из чистого влияния технологии, то есть важно учитывать всю совокупность позитивных и негативных последствий развития технологии и ее применения не только в об-

ласти непосредственно реализации задач ЦУР ООН, но и в других направлениях. Например, применение больших данных и ИИ в промышленности для задач оптимизации энергопотребления оборудования должно анализироваться и изучаться как в качестве фактора, позитивно влияющего на достижение целей устойчивого развития за счет повышения энергоэффективности производственных процессов, так и в качестве фактора, негативно влияющего на достижение ЦУР в связи с использованием большого количества вычислительных ресурсов ЦОД для хранения и обработки данных и большого объема потребления ресурсов.

По мере увеличения объемов собираемых и обрабатываемых данных увеличивается потребление мощностей ЦОД. На функционирование центров обработки данных приходится около 1% глобальных выбросов парниковых газов. Каждый год операторам ИТ-инфраструктуры необходимо адаптироваться к увеличению объема обрабатываемых данных, ожидается, что объем хранимых данных в 2025 г. будет в 5,3 раза больше, чем в 2018 г., что, безусловно, приведет к существенному увеличению объемов потребления ресурсов вычислительными системами [3]. Несмотря на увеличение спроса на мощности ЦОДов, одной из актуальных проблем в области обеспечения устойчивого развития в условиях развития технологий сбора, обработки и хранения больших данных, остается низкий уровень утилизации серверов в некоторых ЦОДах. Уровень эффективного использования наиболее мощных серверов с высочайшим уровнем потребления ресурсов даже в случае простоя может составлять менее 50% [4]. Данный вызов особенно характерен для корпоративных ЦОДов и локальной вычислительной инфраструктуры небольших компаний-операторов центров.

Ключевые направления развития ЦОДов определяются показателями устойчивого развития ЦОДов, большая часть из которых определены консорциумом Green Grid. Основными показателями эффективности ЦОД, связанными с уровнем последствий его функционирования для экологии, являются [5]:

1. Уровень эффективности расходования энергии (PUE), измеряемый как отношение потребляемой инфраструктурой мощности к мощности, отдаваемой серверам, дискам и сетевому оборудованию. При PUE, равном 1,0, ИТ-оборудование получает 100% потребляемой мощности в центре обработки данных, однако, среднее значение показателя составляет 1,67 и колеблется от 1,11 до 3,0 в зависимости от ЦОДа.
2. Эффективность использования углерода (CUE) — отношение выбросов CO₂, вызванных общим энергопотреблением центра обработки данных, к энергопотреблению ИТ-оборудования.

3. Недостаточный уровень эффективности использования воды (WUE), рассчитываемый как соотношение между использованием воды в системе центра обработки данных (водные петли, адiabатические башни, увлажнение, производство энергии на основе воды и т.д.) и потреблением энергии ИТ-компонентов. Около половины потребления воды приходится на системы охлаждения [6].

Менее используемыми метриками экологичности ЦОДов являются показатели, связанные с утилизацией электронной продукции, эффективностью управления воздушными потоками в ЦОД и др. Система показателей экологичности ЦОДов не определена окончательно и находится в стадии активной проработки в рамках ряда международных проектов, например, All4Green, CoolEmAll, GreenDataNet, RenewIT, GENiC, GEYSER, Dolfin и DC4Cities.

Эффективность использования ресурсов в ЦОДах определяется преимущественно на этапе проектирования и строительства, при этом для ЦОДов характерен длительный цикл эксплуатации и центры, создаваемые на текущий момент, будут эксплуатироваться в дальнейшем в течение десятков лет.

На текущий момент существует большое количество успешных практик повышения эффективности использования ресурсов в ЦОДах, они связаны с использованием энергии из альтернативных источников, применением новых подходов к проектированию инженерных систем ЦОДов, внедрением интеллектуальных решений по оптимизации потребления ресурсов и др. Соответствующие технологии изучаются, развиваются и внедряются с начала 2000-х годов, однако лишь в последние годы они становятся одним из ключевых направлений развития сферы проектирования и эксплуатации ЦОД [7] и все чаще учитываются в проектах по созданию новых, развитию и масштабированию существующих центров обработки данных.

Развитие технологий сбора, хранения и анализа больших данных требует увеличения объема эксплуатируемых вычислительных ресурсов, которые могут быть развернуты на мощностях сторонней организации — оператора ЦОДа, облачного провайдера или использоваться на локальной инфраструктуре организации. В первом случае инфраструктура предоставляется в формате облачных технологий и процессы проектирования, строительства и администрирования ЦОДа реализуются провайдером облачных услуг. Во втором случае аналогичные работы выполняются непосредственно организацией, которая в дальнейшем использует инфраструктуру собственных сер-

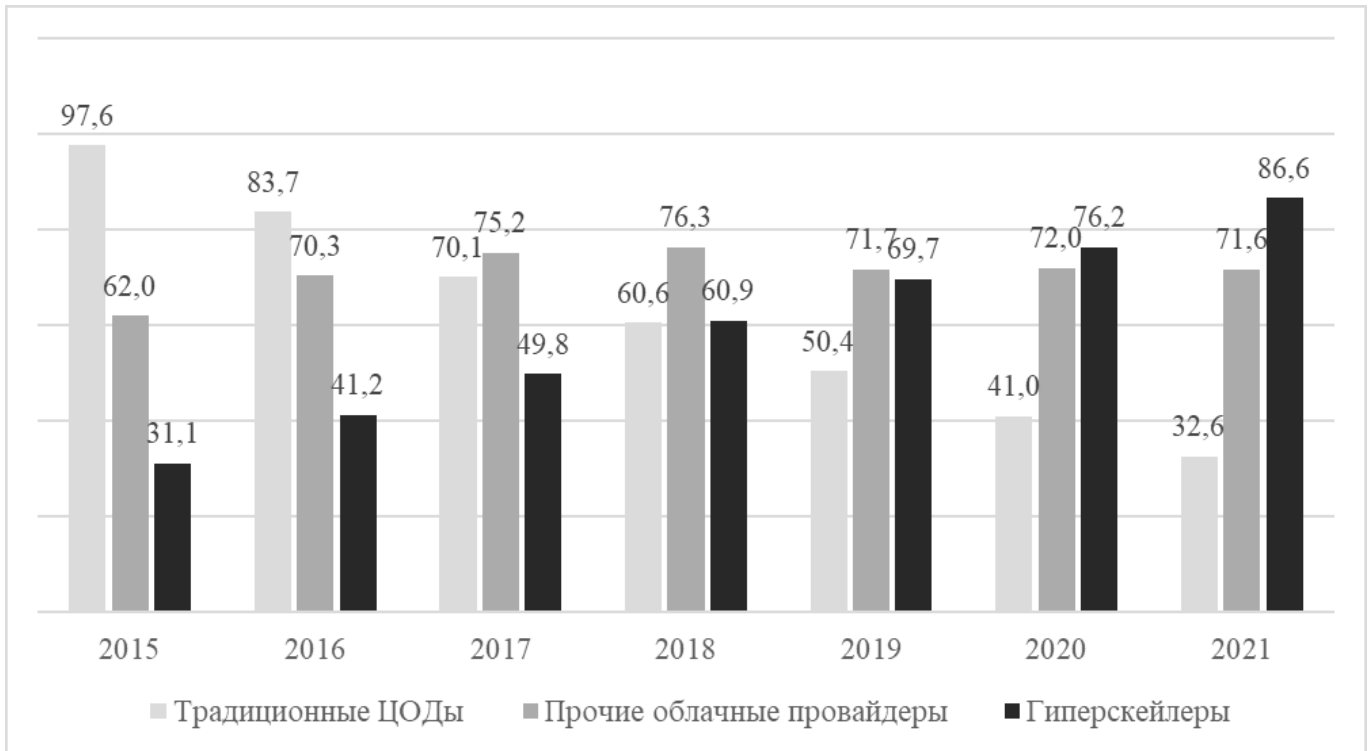


Рис. 2. Объем потребления энергии в ЦОДах, ТВт·ч

Источник: Официальный сайт Statista «Energy demand in data centers worldwide from 2015 to 2021, by type(in terawatt hours)» // URL: <https://www.statista.com/statistics/186992/global-derived-electricity-consumption-in-data-centers-and-telecoms/> (дата обращения 25.11.2022)

веров для размещения рабочих нагрузок, хранения и анализа данных.

Таким образом, обеспечение устойчивого развития технологий сбора, хранения и анализа больших данных и минимизация негативных последствий от развития технологий больших данных и искусственного интеллекта на окружающую среду требуют реализации мероприятий, способствующих проектированию и эксплуатации ЦОДов с высоким уровнем энергоэффективности на уровне крупнейших корпораций и организаций, использующих локальную ИТ-инфраструктуру, а также на уровне операторов ЦОД и облачных провайдеров, предоставляющих вычислительную инфраструктуру в формате as-a-service.

За период с 2015 до 2021 существенно возрастает объем энергопотребления гиперскейлеров [8] — ведущих мировых облачных провайдеров, к которым относятся Amazon Web Services, Microsoft Azure и Google Cloud Platform, при этом значительно уменьшается объем потребления энергии операторами ЦОД. Динамичное развитие облачных технологий и облачных провайдеров определяет особую роль позиции и инвестиций данных компаний в строительство и эксплу-

атацию эффективных по параметрам потребления ресурсов ЦОДов, а также уровня их участия в процессах формирования стандартов и требований к ЦОДам, что продемонстрировано на рисунке 2.

Гиперскейлеры и крупнейшие национальные облачные провайдеры акцентируют приоритет на устойчивое развитие при описании показателей функционирования их инфраструктуры, а также при планировании и запуске новых ЦОДов или масштабирования существующих центров. Amazon Web Services — ведущий глобальный облачный провайдер, активно инвестирует в технологии устойчивого развития и разрабатывает собственные инфраструктурные решения, позволяющие повысить ресурсоэффективность серверов. Согласно исследованиям 451 Research, инфраструктура AWS в 3,6 раз более энергоэффективна, чем корпоративный ЦОД в США, и до 5 раз более энергоэффективна, чем ЦОД в Европе. На текущий момент в ЦОДах провайдера используются особые процессоры, применяются высокоэффективные системы охлаждения, алгоритмы прогнозирования и отслеживания производительности и другие решения, способствующие оптимизации потребления ресурсов. К 2025 году предполагается переход ЦОДов провайдера на возобновляемую энер-

гию, что позволит снизить углеродный след рабочей нагрузки пользователей облачных сервисов более чем на 90%.

Крупнейшие компании, имеющие стратегии в области ESG, активно инвестируют и внедряют инновационные подходы к организации процессов сбора, хранения и анализа данных, направленные на снижение энергопотребления и минимизацию вреда окружающей среде от функционирования корпоративных ЦОДов. Facebook [9] использует энергоэффективные ЦОДы, сертифицированные LEED Gold, потребление воды в данных ЦОДах на 80% меньше, чем в стандартных ЦОДах. В ЦОДах компании используются особые подходы к обеспечению и регулированию влажности воздуха и организации систем охлаждения. Компания является членом Совета по экологическому строительству США и активно участвует в Консультативном комитете LEED в рамках формирования системы экологического рейтинга для центров обработки данных. В Google применяют технологии, позволяющие снизить энергопотребление ЦОДов в 2 раза. Целью компании к 2030 году является переход на безуглеродную энергию в режиме 24/7 во всех центрах обработки данных. Для оптимизации загрузки и повышения энергоэффективности ЦОДов используют машинное обучение [10].

Роль облачных провайдеров, на ЦОДы которых приходится все больший объем потребления ресурсов, в обеспечении устойчивого развития подходов к работе с данными, чрезвычайно высока. Для облачных провайдеров доля издержек, связанных с поддержанием функционирования ЦОДов, является одной из наибольших в общем объеме затрат, поэтому инвестиции в устойчивое развитие для них необходимы не только в связи с общим приоритетом на сбережение природных ресурсов, но и экономически оправданы в долгосрочной перспективе. Одновременно с этим, крупнейшие корпорации с высоким уровнем цифровизации также активно развивают ИТ-инфраструктуру и могут потреблять ее в объеме, аналогичном или превышающим объемы потребления инфраструктуры ЦОДов облачных провайдеров. Организации, создающие и развивающие собственные ЦОДы, также должны инвестировать в их экологичность, внедряя лучшие практики в данной области. На текущий момент многие компании, в особенности — международные, упо-

минают экологичность вычислительной инфраструктуры среди приоритетов корпоративного устойчивого развития.

В заключение, необходимо отметить, что технологии сбора, хранения и анализа больших данных, а также алгоритмы искусственного интеллекта и их влияние на достижение целей устойчивого развития должно оцениваться комплексно и учитывать не только преимущества технологий и возможности их использования в областях, связанных с потреблением ресурсов, но и отрицательные последствия их развития, которые являются косвенными и связаны с увеличением объема потребления вычислительных ресурсов и мощностей ЦОДов.

Развитие технологий сбора, хранения и анализа больших данных приводит к существенному увеличению потребления вычислительных ресурсов. На текущий момент показатели устойчивого развития ЦОДов измеряются несистемно и несмотря на то, что на глобальном уровне и в ряде стран большинство крупнейших корпораций замеряют углеродный след и учитывают в этом процессе показатели эффективности вычислительной инфраструктуры, в Российской Федерации данная практика не развита и не является общепринятой. В ближайшие годы важные вызовы связаны с разработкой системы показателей измерения экологичности вычислительной инфраструктуры. Данный процесс должен производиться с вовлечением российских организаций — крупнейших ИТ-компаний, крупнейших промышленных организаций, имеющих и развивающих собственную инфраструктуру и активно инвестирующих в цифровизацию и процессы сбора и анализа больших данных.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке в рамках реализации программы Центров компетенций Национальной технологической инициативы на базе Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (договор о предоставлении средств юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю на безвозмездной и безвозвратной основе в форме гранта, источником финансового обеспечения которых полностью или частично является субсидия, предоставленная из федерального бюджета № 70–2021–00252 от 15.12.2021).

ЛИТЕРАТУРА

1. Jones N. How to stop data centres from gobbling up the world's electricity // Nature. 2018. Vol. 561. No. 7722. PP. 163–167.
2. R. Vinuesa, H. Azizpour, I. Leite, M. Balaam, V. Dignum, S. Domisch et al. The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals // Nature Communications. 2020. Vol. 11. No. 233. [Электронный ресурс] URL: <https://www.nature.com/articles/s41467-019-14108-y> (дата обращения: 25.11.2022)

3. Replace your electricity consumption with 24/7 carbon-free energy generation, generating revenue and achieving high resiliency for your data center // Официальный сайт «Engie». [Электронный ресурс] URL: [https://www.engie.com/en/campaign/green-data-centers#:~:text=Being%20particularly%20energy-intensive%2C%20the,greenhouse%20gas%20emissions%20\(2\)](https://www.engie.com/en/campaign/green-data-centers#:~:text=Being%20particularly%20energy-intensive%2C%20the,greenhouse%20gas%20emissions%20(2)) (дата обращения: 25.11.2022)
4. The Real Amount of Energy A Data Center Uses // официальный сайт «ACKR». [Электронный ресурс] URL: <https://www.akcp.com/blog/the-real-amount-of-energy-a-data-center-use/> (дата обращения: 25.11.2022)
5. Reddy V.D. et al. Metrics for sustainable data centers // IEEE Transactions on Sustainable Computing. 2017. Vol. 2. No. 3. PP. 290–303.
6. Mytton D. Data centre water consumption // npj Clean Water. 2021. V. 4. No. 1. PP. 1–6.
7. Buyya R., Beloglazov A., Abawajy J. Energy-efficient management of data center resources for cloud computing: A vision, architectural elements, and open challenges // arXiv. 2010.
8. Energy demand in data centers worldwide from 2015 to 2021, by type // Statista. [Электронный ресурс] URL: <https://www.statista.com/statistics/186992/global-derived-electricity-consumption-in-data-centers-and-telecoms/> (дата обращения: 25.11.2022).
9. Data centers // Meta Sustainability. [Электронный ресурс] URL: <https://sustainability.fb.com/data-centers/> (дата обращения: 25.11.2022).
10. Machine learning finds new ways for our data centers to save energy // Google Sustainability. [Электронный ресурс] URL: <https://sustainability.google/progress/projects/machine-learning/> (дата обращения: 25.11.2022).

© Афанасьев Сергей Дмитриевич (sergei.afanasev@digital.msu.ru),

Воронин Тимофей Валерьевич (voronin@digital.msu.ru), Черевков Станислав Станиславович (cherevkvss@digital.msu.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

РЫНОЧНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ОСНОВАННОГО НА ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ И АЛГОРИТМАХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЕКТА, В СТРАНАХ БЛИЖНЕГО ВОСТОКА И АФРИКИ

MARKET PROSPECTS FOR COMMERCIALIZATION OF MEDICAL SOFTWARE BASED ON CLOUD TECHNOLOGIES AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS IN THE MIDDLE EAST AND AFRICA

**S. Afanasyev
S. Trostianskiy
T. Voronin
D. Rakov**

Summary. This article is devoted to the analysis of the commercialization potential of software to support medical decision-making, as well as the specifics of regulating the collection and processing of medical data in the Middle East and Africa. The analysis of the peculiarities of the demand for software solutions in the field of healthcare from the countries of Africa and the Middle East is carried out and the substantial potential for promoting developments in the markets of these countries that can automate, accelerate the processes of providing standard medical services, as well as increase their availability is substantiated. The paper uses the results of the project “Cloud technologies for processing and interpretation of medical and diagnostic images based on the use of big Data analysis tools”, supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under the Contract of Lomonosov Moscow State University with the National Technology Initiative Project Support Fund № 70–2021–00252 from 15.12.2021. Within the framework of the article, conclusions are formed regarding the possibilities and limitations of the development and promotion of cloud-based medical software solutions in the markets of priority countries.

Keywords: cloud technologies; software products; medical data; biometric data; artificial intelligence; regulatory regulation.

Афанасьев Сергей Дмитриевич

Кандидат юридических наук, ведущий специалист,
Центр хранения и анализа больших данных, МГУ имени
М.В. Ломоносова, Москва
sergei.afanasev@digital.msu.ru

Тростянский Сергей Сергеевич

Кандидат экономических наук, ведущий
специалист, Центр хранения и анализа больших
данных, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва
sergey.trostiansky@digital.msu.ru

Воронин Тимофей Валерьевич

Специалист, Центр хранения и анализа больших
данных, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва
voronin@digital.msu.ru

Раков Дмитрий Александрович

Ведущий специалист, Центр хранения и анализа
больших данных, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва
rakov.d@digital.msu.ru

Аннотация. Настоящая статья посвящена анализу потенциала коммерциализации программного обеспечения для поддержки принятия врачебных решений, а также особенностям регулирования сбора и обработки медицинских данных в странах Ближнего Востока и Африки. Проведен анализ особенностей спроса на программные решения в области здравоохранения со стороны стран Африки и Ближнего Востока и обоснован существенный потенциал продвижения на рынках данных стран разработок, способных автоматизировать, ускорить процессы оказания типовых медицинских услуг, а также повысить их доступность. В работе использованы результаты проекта «Облачные технологии обработки и интерпретации медицинских и диагностических изображений на основе применения средств анализа больших данных», поддерживаемого Министерством науки и высшего образования Российской Федерации по Договору МГУ имени М.В. Ломоносова с Фондом поддержки проектов Национальной технологической инициативы от 15.12.2021 г. № 70–2021–00252. В рамках статьи сформулированы выводы относительно возможностей и ограничений развития и продвижения облачных программных решений медицинского назначения на рынках приоритетных стран.

Ключевые слова: облачные технологии, программные продукты, медицинские данные, биометрические данные, искусственный интеллект, нормативно-правовое регулирование.

Программные решения (далее — ПО) поддержки принятия врачебных решений, функционирующие на основе технологий искусственного интеллекта, являются одним из наиболее активно развивающихся мировых рынков. По оценке исследовательской организации GlobeNewswire, объем данного рынка в 2021 году составил 1,4 млрд. долларов США, среднегодовой прирост в период 2022–2028 гг. ожидается на уровне около 11,9% [1]. Данный рынок на текущий момент находится на начальном этапе развития, что связано со сложностями и длительностью разработки и тестирования ПО поддержки принятия врачебных решений, в особенности продуктов и решений, базирующихся на технологиях искусственного интеллекта и распознавания и анализа данных визуальных изображений и данных естественного языка. Яркую динамику развития имеет мировой рынок программных решений для сферы здравоохранения, развертываемых в облачной инфраструктуре. Объем данного рынка в 2022 году достаточно высок и составляет 32,62 млрд. долларов США, к 2030 году ожидается его увеличение до 79,56 млрд. долларов США, что соответствует среднегодовому темпу роста 11,8% [2].

Одним из факторов, стимулирующих разработку и коммерциализацию рынка ПО для поддержки принятия отечественных решений, является развитие и распространение облачных технологий, в значительной мере упрощающей внедрение и эксплуатацию программного решения для конечных пользователей. Разработанные в Российской Федерации ПО поддержки принятия врачебных решений имеют существенный потенциал коммерциализации на рынках других стран, в особенности, на рынках дружественных и развивающихся стран Ближнего Востока и Африки, для которых характерен относительно невысокий уровень развития и доступности медицинских технологий при высокой потребности в них [3]. Однако, рынки данных стран, а также подходы к регулированию процессов сбора и обработки медицинских данных в них существенно различаются и активно дорабатываются в течение последних лет, и именно они в существенной мере определяют потенциал продвижения и коммерциализации в них российских программных решений поддержки принятия врачебных решений.

На текущий момент во внедрении ПО, разрабатываемого в рамках НИР «Облачные технологии обработки и интерпретации медицинских и диагностических изображений на основе применения средств анализа больших данных» выразили заинтересованность представители Министерства здравоохранения в более 10 странах Африки и Персидского залива:

- ◆ Арабской Республики Египет,
- ◆ Южно-Африканской Республики,

- ◆ Республики Гана,
- ◆ Республики Сьерра-Леоне,
- ◆ Республики Либерия
- ◆ Королевства Марокко,
- ◆ Республики Буркина-Фасо,
- ◆ Королевства Саудовская Аравия,
- ◆ Объединенных Арабских Эмиратов,
- ◆ Республики Ирак.

Данные страны являются приоритетными для продвижения и коммерциализации разрабатываемых в Российской Федерации программных решений в области поддержки принятия врачебных решений. В рамках данной статьи приведены результаты анализа особенностей рынка ПО поддержки принятия врачебных решений в данных странах, а также особенностей нормативно-правового регулирования процессов сбора и обработки данных в процессе оказания медицинских услуг.

Особенности текущего уровня развития рынка программных решений для поддержки принятия врачебных решений на рынках стран Персидского залива и Африки.

Ближний Восток и Африка является одним из наиболее динамично развивающихся регионов по широкому рынков, связанных с технологиями. По данным Всемирного Банка [4], текущая динамичная цифровизация регионов является следствием активного распространения интернета и мобильной связи, произошедшего в 2010–2015 гг. и выходом на рынок труда первого поколения граждан, взросление и обучение которых происходило в парадигме растущей ценности цифровых компетенций и формирования в большинстве секторов экономики запроса на цифровизацию.

На текущий момент численность населения стран Ближнего Востока превышает 411 млн. человек, показатель проникновения Интернета составляет 67,2% (среднемировой уровень — 62,5%). При этом в ряде стран проникновение Интернета очень высоко, например, в ОАЭ оно составляет 99% при проникновении смартфонов — 97,6%. Население Африки составляет 1,429 млрд. человек, проникновение Интернета варьируется от 7,1% в Центральной Африканской Республике до 84,1% в Марокко [5]. Растущий уровень оцифровки и постепенное проникновение Интернета и цифровых технологий в страны и регионы, характеризующиеся одновременно относительно низким уровнем развития и доступности медицинских услуг, создают условия для масштабной цифровизации и качественного развития сферы здравоохранения благодаря внедрению цифровых решений [6]. По данным Всемирной организации здравоохранения [7], одним из основных

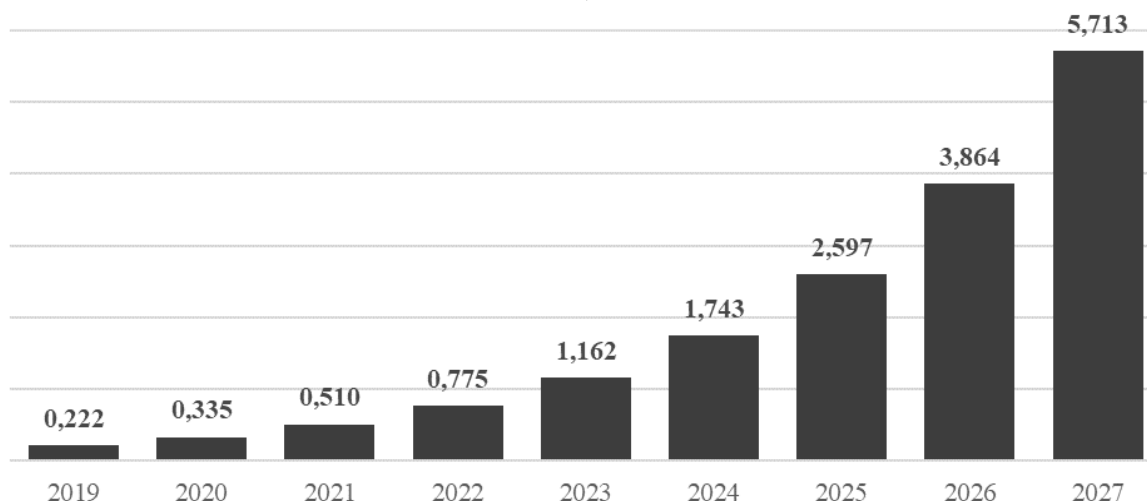


Рис. 1. Объем рынка искусственного интеллекта в сфере здравоохранения в странах Ближнего Востока и Африки (млрд. долларов США)

Источник: составлено авторами по данным аналитического отчета «Middle East and Africa Artificial Intelligence in Healthcare Market Forecast to 2027 — COVID-19 Impact and Regional Analysis By Component, Application, and End User». URL: <https://www.reportlinker.com/p06064973/Middle-East-and-Africa-Artificial-Intelligence-in-Healthcare-Market-Forecast-to-COVID-19-Impact-and-Regional-Analysis-By-Component-Application-and-End-User.html> (дата обращения: 12.11.2022)

направлений Глобальной стратегии развития цифрового здравоохранения 2020–2025 является содействие внедрению цифровых решений в области здравоохранения в развивающихся странах, к которым относятся в том числе страны Персидского залива и Африки.

В соответствии с текущими прогнозами, к 2026 году рынок здравоохранения Ближнего Востока составит более 320 млрд. долл. США, среднегодовой прирост за период 2022–2026 гг. составит 3,2%. Большая часть этого роста обусловлена расходами на медицинские устройства, цифровое здравоохранение и фармацевтические препараты. Объем и структура рынка здравоохранения в Африке свидетельствуют о крайне низком уровне его развития, отсутствия доступной современной инфраструктуры здравоохранения. В 2022 году объем затрат населения на здравоохранение оценивается в 596,9 млн. долларов США, к 2026 году прогнозируется его увеличение до 1,13 млрд. долларов США [8], при этом на текущий момент около 50% рынка здравоохранения региона приходится на затраты населения и более 90% продуктов для сферы здравоохранения, включая фармакологическую продукцию, программные и аппаратные решения, импортируется [9].

В рамках большинства существующих исследований рынков ПО медицинского назначения страны Африки и Ближнего Востока рассматриваются совместно и отмечается единство направленности их развития

и сопоставимые показатели динамики. В странах данных регионов, в отличие от развитых стран Западной Европы, Азии и Северной Америки, распространение интеллектуальных решений для сферы здравоохранения только начинается и особую роль в этом процессе имеют цифровые продукты, импортируемые из других стран и являющиеся доступными по ценовым характеристикам.

Объем рынка искусственного интеллекта в сфере здравоохранения в странах Ближнего Востока и Африки, рассмотренный на рисунке 1, составит более 5,7 млрд. долларов США к 2027 году, при этом среднегодовой темп прироста рынка составит 48,8%, данная динамика свидетельствует о крайне высоком потенциале рынка региона. Среди всех подсегментов рынка наиболее динамичное развитие ожидается в сегменте ПО. Одновременно с этим, для данных регионов характерны факторы, сдерживающие развитие: нехватка квалифицированной рабочей силы в сфере информационных технологий, недостаток медицинских специалистов, имеющих компетенции для работы с цифровыми решениями, а также недоработанное и регулярно изменяющиеся нормативно-правовые требования и ограничения, связанные с внедрением и эксплуатацией ПО на основе искусственного интеллекта в сфере здравоохранения.

Развитие здравоохранения в странах Ближнего Востока и Северной Африки в значительной мере являет-

ся догоняющим: на рынки данных регионов выходят глобальные поставщики фармакологической продукции, решений на стыке информационных технологий и медицины [10]. В странах рассматриваемых регионов сложная эпидемиологическая ситуация 2020–2021 гг. стала драйвером увеличения государственных вложений в формирование и развитие системы здравоохранения, при этом она поспособствовала признанию критической проблемы нехватки медицинских специалистов и инфраструктуры здравоохранения. В большинстве стран Ближнего Востока и Африки современная и качественная медицина доступна лишь в локальных частных клиниках и большая часть населения не может получить к ней доступ. Основными направлениями, в рамках которых ПО на основе искусственного интеллекта применяется или рассматривается к применению в странах Ближнего Востока и Африки являются:

- ◆ Считывание и анализ визуальных данных, повышение их качества;
- ◆ Интерпретация и диагностика пациентов по визуальным данным;
- ◆ Автоматизация и роботизация процессов диагностики;
- ◆ Виртуальные помощники пациента;
- ◆ Виртуальные помощники сотрудников медицинских организаций;
- ◆ Продукты для интеллектуализации и повышения эффективности разработки и клинических испытаний новых препаратов и методов лечения.

В странах Ближнего Востока и Северной Африки функционирует Ассоциация информатики здравоохранения Ближнего Востока и Северной Африки Ассоциация информатики здравоохранения Ближнего Востока и Северной Африки — региональная неправительственная организация для продвижения и содействия внедрению ИТ-решений в области здравоохранения в регионе, в Ассоциацию входит 22 страны [11], имеющие схожие культурные и религиозные ценности, а также вызовы и проблемы в области развития системы здравоохранения. На текущий момент основным направлением и способом повышения эффективности систем здравоохранения стран Африки и Ближнего Востока является внедрение технологий, автоматизирующих и оптимизирующих процесс взаимодействия, диагностики и лечения пациентов, такие технологические решения являются стратегически необходимыми для развития сферы здравоохранения региона [12, 13].

В странах Ближнего Востока в секторе здравоохранения лишь 5% данных, генерируемых в сфере здравоохранения, используются для повышения качества оказания медицинских услуг [14], основные сдерживающие факторы связаны с отсутствием разработанных

в регионе и обученных на данных граждан Ближнего Востока программных решений для сферы здравоохранения. В Африке масштабное применение технологий баз данных и искусственного интеллекта сдерживает недостаточное качество и объем баз данных о пациентах для обучения ИИ-алгоритмов и критически низкий уровень развития медицинской инфраструктуры. В Африке в 2021 году лишь 30% медицинских организаций имели стабильный доступ к электричеству [15], что, безусловно, в значительной мере сдерживает генерацию и накопление данных о населении, необходимых для обучения ИИ-алгоритмов. Помимо этого, безусловным барьером внедрения ИИ-решений в здравоохранении в Африке является отсутствие внутренних компетенций, необходимых для их разработки, слабость инструментов и институтов поддержки процессов разработки и внедрения инновационных решений, а также высокая эластичность спроса на импортируемые решения по цене. Тем не менее, ПО, разработанные в более развитых и оцифрованных странах, должны постепенно внедряться и адаптироваться под системы здравоохранения и базы данных развивающихся стран, в том числе стран с сильными этническими особенностями.

На текущий момент из восьми крупнейших стран Персидского залива три страны являются заинтересованными в тестировании и разработанного программного решения: Королевство Саудовская Аравия, Объединенные Арабские Эмираты, а также Республика Ирак. Среди стран Африки восемь государств выразили интерес к решению. Оставшиеся страны регионов Ближнего Востока и Африки имеют аналогичные возможности и вызовы развития системы здравоохранения и также могут получить существенные преимущества от внедрения российских программных решений, характеризующихся ценовой доступностью и высоким потенциалом оптимизации трудозатрат на процессы оказания медицинских услуг при повышении их качества.

Особенности развития и внедрения программных решений для поддержки принятия врачебных решений в странах Ближнего Востока и Африки

Во многих странах, ориентированных на развитие исследований и внедрение инновационных решений в области здравоохранения, значительное внимание уделяется законодательным аспектам, регулирующим сбор, хранение и обработку медицинских данных, в данной области существуют национальные политики, стратегии развития цифрового здравоохранения. Нормативно-правовая база, регулирующая процессы разработки, тестирования, сертификации и ввода в эксплуатацию инновационных продуктов в области медицины, является крайне важным фактором, определяющим

щим скорость и эффективность реализации проектов в области цифрового здравоохранения, оптимизации, автоматизации и повышения качества оказания медицинских услуг за счет внедрения решений на основе цифровых технологий, а также повышения доступности медицины и снижения издержек функционирования системы здравоохранения.

В странах Ближнего Востока научно-исследовательские проекты в области здравоохранения развиваются и финансируются преимущественно за счет ресурсов данных стран, однако данное направление исследований не является одним из приоритетных [16] на текущий момент уровень развития программных решений для сферы здравоохранения значительно отстает от среднего по миру [17]. Для стран Ближнего Востока характерен достаточно низкий уровень развития системы подготовки кадров и компетенций для сферы медицины и здравоохранения, а также для научной деятельности в данной области, слаборазвитыми являются институты и меры поддержки исследований в области здравоохранения. Несмотря на существенный прогресс в области исследований в сфере здравоохранения, низкий уровень собираемости данных, необходимых для разработки, тестирования и внедрения программных решений, остается существенным барьером развития ПО для поддержки принятия врачебных решений. Страны Ближнего Востока имеют культуру, отличную от культуры большинства развитых стран и стран, имеющих существенный задел в области науки и исследований для развития системы здравоохранения, и не ориентированы на значительное повышение активности в совместных НИОКР. Взаимодействие между странами в области исследований осуществляется преимущественно в рамках региона. Для стран Африки характерна слабая внутренняя активность сферы науки и исследований в области медицины при крайне высоком уровне заболеваемости населения и низкой доступности медицинских услуг. В 2008 г. большинством стран региона была поставлена цель в выделении 2% бюджета сферы медицины и здравоохранения на НИОКР в данной области, однако, по данным Всемирной Организации Здравоохранения, данная цель не была достигнута [18]. На текущий момент научно-исследовательские проекты в области здравоохранения финансируются преимущественно за счет средств других стран и развиваются с привлечением зарубежных инфраструктурных ресурсов и компетенций [19]. Для обоих регионов характерен относительно низкий уровень развития методов сбора и обработки данных о населении, в том числе данных демографического учета и статистических данных о развитии системы здравоохранения. Таким образом, страны Ближнего Востока и Африки являются потенциальными импортерами инновационных решений в области здравоохранения и в ближай-

шие годы эти направления коммерциализации разработок невысокой стоимости, повышающих уровень автоматизации и скорости оказания медицинских услуг, будут оставаться одними из наиболее перспективных в связи с отсутствием факторов форсированного развития внутреннего научно-исследовательского потенциала стран в сфере медицины и здравоохранения. Отдельно стоит отметить, что для рассматриваемых регионов характерно большое количество особенностей медицинских данных о человеке, возникающих в связи с тем, что население регионов относится к этническим группам, практически не представленным в странах с высоким уровнем развития исследований в области здравоохранения и медицины. Данные отличия являются критичными в процессе обучения ИИ-моделей, в том числе алгоритмов, являющихся основами программных решений поддержки принятия врачебных решений, и в значительной мере осложняют процесс адаптации разработанных ПО в регионе. В связи с текущим низким уровнем проникновения технологических решений в сфере здравоохранения, наибольшими перспективами обладают ПО, осуществляющие обработку относительно простых для сбора медицинских данных, по которым уже существуют накопленные базы данных

При дообучении ИИ-моделей на данных о населении Ближнего Востока и Африки, тестировании и внедрении программных решений поддержки принятия врачебных решений особенно важными становятся законодательные аспекты регулирования процессов сбора и обработки медицинских данных, а также наличие национальных баз медицинских данных для обучения ИИ-моделей и организаций, содействующих внедрению цифровых решений в сфере здравоохранения и упрощающих и ускоряющих процесс их адаптации, тестирования и внедрения.

Законодательные аспекты регулирования процессов сбора и обработки медицинских данных в странах во многом основаны на национальных Законах о защите персональных данных, при этом особые меры регулирования процессов работы с медицинскими данными отсутствуют, что существенно сдерживает развитие сферы. Например, в Египте существует Закон о защите персональных данных, действующий в Египте, отражает Европейский общий регламент о защите данных (Регламент (ЕС) 2016/679) («GDPR») [20]. В соответствии с данным законом, к конфиденциальным данным относятся любые персональные данные, включая данные о здоровье, биометрические данные, отдельно обозначенные понятия не определяются и регулирование процессов их сбора, хранения и обработки осуществляется на условиях и положениях, общих для других типов чувствительных данных. В некоторых странах в большей мере развиты отраслевые механизмы регулирования процес-

сов сбора, хранения и обработки медицинских данных. Например, в Южной Африке существует закон о защите личной информации (POPIA), который в значительной мере базируется на GDPR, однако в стране также существуют отраслевые меры регулирования процессов сбора и обработки медицинских данных и осуществляется разработка Кодекса по применению POPIA при проведении научно-исследовательских работ в области здравоохранения и оказания медицинских услуг [21]. В Объединенных Арабских Эмиратах существует особый закон о защите медицинских данных [22], принятый в 2019 году и регулирующий особенности применения ИТ-решений в области здравоохранения, а также требования к операторам, собирающим и обрабатывающим медицинские данные. Данный закон запрещает обработку медицинских данных вне территории страны, что в значительной мере ограничивает возможности внедрения облачных ПО для сферы здравоохранения, разработанных в других странах. Отдельно стоит отметить, что поставщики медицинских услуг могут использовать или раскрывать Медицинские данные без согласия пациента для научных исследований (при условии, что личность пациента не разглашается и соблюдаются применимые стандарты и руководства для научных исследований) и для профилактических и лечебных мероприятий в области общественного здравоохранения. Таким образом, системы нормативно-правового регулирования процессов сбора, обработки и хранения медицинских данных в большинстве стран сходны и представлены национальными законами, базирующимися на GDPR, однако, в отдельных странах существуют особые нормативно-правовые акты, стимулирующие использование данных для целей научно-исследовательских работ и содействующие цифровизации сферы здравоохранения. Возможности применения облачных ПО в сфере здравоохранения во многих странах могут быть ограничены требованиями к локализации данных. Таким образом, для максимизации потенциала коммерциализации ИИ-алгоритмов и программных решений на рынках стран Ближнего Востока и Африки важно предусматривать возможности их развертывания на облачных ресурсах и ИТ-инфраструктуре, расположенной в данных странах, а также в формате программного обеспечения, предоставляемого по лицензии.

Заключение

При растущем потенциале применения ИИ и программных решений в сфере здравоохранения на текущий момент для большинства стран Ближнего Востока и, в еще большей мере, стран Африки, характерны критические барьеры, связанные с:

1. сбором медицинских данных о населении, необходимых для дообучения алгоритмов и их адаптации под страны данных регионов;

2. недостатками нормативно-правового регулирования процессов разработки, тестирования и эксплуатации ПО на базе ИИ в сфере здравоохранения;
3. низким уровнем международного сотрудничества научно-исследовательских организаций данных стран.

Существенным драйвером развития здравоохранения в странах Ближнего Востока и Африки способны стать следующие факторы:

- ◆ Создание благоприятной нормативно-правовой среды для быстрого тестирования и внедрения ПО медицинского назначения, разработанных и эксплуатируемых в других странах;
- ◆ Содействие сбору данных и обеспечению доступа к ним организаций, занимающихся НИОКР и разработками программных решений для сферы медицины и здравоохранения, в том числе зарубежных;
- ◆ Технологический трансфер и внедрение в странах Ближнего Востока и Африки ПО для сферы здравоохранения, разработанных и апробированных в других странах, характеризующихся ценовой доступностью и способных сократить трудовые и финансовые издержки на оказание медицинских услуг;
- ◆ Создание условий для обучения медицинских сотрудников стран Ближнего Востока и Африки навыкам работы с программными решениями для упрощения, автоматизации и интеллектуализации процессов диагностики и лечения пациентов;
- ◆ Содействие разработке и развитию в странах Ближнего Востока и Африки внутренних инноваций и разработок.

Российские разработки имеют существенный потенциал коммерциализации на рынках стран Ближнего Востока и Африки. В особенности значительным является потенциал продвижения продуктов, внедряемых в часто реализуемые процессы диагностики и лечения пациентов, доступ к которым должен быть у широких слоев населения. Программное обеспечение, разрабатываемое в рамках НИР «Облачные технологии обработки и интерпретации медицинских и диагностических изображений на основе применения средств анализа больших данных» может быть внедрено в процесс интерпретации медицинских данных, собираемых в форме цифровых рентгенограмм органов грудной клетки и способствовать повышению уровня доступности, автоматизации и скорости оказания медицинских услуг, однако, важно предусмотреть возможности предоставления данного программного решения в формате локально развертываемого программного обеспе-

чения или возможностей его использования на базе облачной инфраструктуры, расположенной в границах стран, на территории которых предполагается эксплуатация программного обеспечения.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке в рамках реализации программы Центров ком-

петенций Национальной технологической инициативы на базе Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (договор о предоставлении средств юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю на безвозмездной и безвозвратной основе в форме гранта, источником финансового обеспечения которых полностью или частично является субсидия, предоставленная из федерального бюджета № 70–2021–00252 от 15.12.2021).

ЛИТЕРАТУРА

1. Insights on the Clinical Decision Support System Global Market to 2028 Size Will Hit US\$2,714.1 Million at 11.9% CAGR Growth, Predicts Facts and Factors // GlobeNewswire. [Электронный ресурс] URL: <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2022/08/08/2493570/0/en/Insights-on-the-Clinical-Decision-Support-System-Global-Market-to-2028-Size-Will-Hit-US-2-714-1-Million-at-11-9-CAGR-Growth-Predicts-Facts-and-Factors.html> (дата обращения: 12.11.2022).
2. Healthcare Software As A Service Market — Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2022–2030 // Precedence Research. [Электронный ресурс] URL: <https://www.precedenceresearch.com/healthcare-software-as-a-service-market> (дата обращения: 12.11.2022).
3. Awasthi D.R.P., Stanick J. The rise of global medical technology. [Электронный ресурс] URL: <https://www.healthtechireland.ie/wp-content/uploads/2021/01/The-rise-of-global-medical-technology-White-Paper-1.pdf> (дата обращения: 12.11.2022).
4. A new economy for Meddle East and North Africa // Официальный сайт Всемирного банка. [Электронный ресурс] URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/331081537883965003/pdf/130143-WP-REVISED-PUBLIC.pdf> (дата обращения: 12.11.2022).
5. Share of internet users in Africa as of January 2022, by country // Statista. 2022. Январь. [Электронный ресурс] URL: <https://www.statista.com/statistics/1124283/internet-penetration-in-africa-by-country/> (дата обращения: 12.11.2022).
6. Alami H, Rivard L, Lehoux P, Hoffman SJ, Mafalda Cadeddu SB, Savoldelli M, et al. Artificial Intelligence in Health Care: Laying the Foundation for Responsible, Sustainable, and Inclusive Innovation in Low- and Middle-Income Countries // Springer. 2021. 20 ноября. [Электронный ресурс] URL: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12992-020-00584-1> (дата обращения: 12.11.2022).
7. Draft Global Strategy on Digital Health 2020–2024 // Официальный сайт Всемирной организации здравоохранения. [Электронный ресурс] URL: https://www.who.int/docs/default-source/documents/gd4hdhdaa2a9f352b0445bafbc79ca799dce4d.pdf?sfvrsn=f112ede5_38 (дата обращения: 12.11.2022).
8. Share of internet users in Africa as of January 2022, by country // Statista. [Электронный ресурс] URL: <https://www.statista.com/outlook/dmo/ecommerce/beauty-health-personal-household-care/health-care/africa#revenue> (дата обращения: 12.11.2022).
9. Songwe V. Strategies for financing Africa's health sector // Brookings. 2022. 03 февраля. [Электронный ресурс] URL: <https://www.brookings.edu/blog/africa-in-focus/2022/02/03/strategies-for-financing-africas-health-sector/> (дата обращения: 12.11.2022).
10. Bachira K. Why the pharmaceutical industry in the Middle East is a great choice for marketers // Carter murray. 2022. 13 мая. [Электронный ресурс] URL: <https://www.cartermurray.com/regional-focus/why-the-pharmaceutical-industry-in-the-middle-east-is-a-great-choice-for-marketers/> (дата обращения: 12.11.2022).
11. Al-Shorbaji N. et al. Middle east and North African health informatics association (MENAHA): building sustainable collaboration // Yearbook of medical informatics. — 2018. — Vol. 27. — No. 01. — PP. 286–291.
12. Mollura D.J. et al. Artificial intelligence in low-and middle-income countries: innovating global health radiology // Radiology. — 2020. — Vol. 297. — No. 3. — PP. 513–520.
13. Mrzcek M., O'Neill F. Artificial intelligence and healthcare in emerging markets // IFC. 2020. September. [Электронный ресурс] URL: https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/56acc8c7-28ba-40ff-96cb-80ebfdad179d/EMCompass_Note+91-Healthcare+and+AI_FIN-Sept-web.pdf?MOD=AJPERES&CVID=njAgxHj.
14. Stoez M. The Future of Healthcare in the Middle East Is About Data and AI ... and Partnership // Arab Hospital Magazine. [Электронный ресурс] URL: <https://www.hospitalsmagazine.com/medtech/the-future-of-healthcare-in-the-middle-east-is-about-data-and-ai-and-partnership/> (дата обращения: 12.11.2022).
15. Owoyemi A. et al. Artificial intelligence for healthcare in Africa // Frontiers in Digital Health. — 2020. — Vol. 2. — P. 6.
16. Ismail S.A. et al. Assessing the state of health research in the Eastern Mediterranean Region // Journal of the Royal Society of Medicine. — 2013. — Vol. 106. — No. 6. — PP. 224–233.
17. Akhras K.S., Alsheikh-Ali A.A., Kabbani S. Use of real-world evidence for healthcare decision-making in the Middle East: practical considerations and future directions // Expert Review of Pharmacoeconomics & Outcomes Research. — 2019. — Vol. 19. — No. 3. — PP. 245–250.
18. Rusakaniko S. et al. Strengthening national health research systems in the WHO African Region—progress towards universal health coverage // Globalization and health. — 2019. — Vol. 15. — No. 1. — PP. 1–14. MLA.
19. Simpkin V. et al. Investing in health R&D: where we are, what limits us, and how to make progress in Africa // BMJ global health. — 2019. — Vol. 4. — No. 2.

20. Hashish M., Rezk F. Egypt — Data Protection Overview // OneTrust DataGuidance. 2022. сентябрь. [Электронный ресурс] URL: <https://www.dataguidance.com/notes/egypt-data-protection-overview> (дата обращения: 12.11.2022).
21. Staunton C., Tschigg K., Sherman G. Data protection, data management, and data sharing: Stakeholder perspectives on the protection of personal health information in South Africa // PloS one. — 2021. — Vol. 16. — No. 12.
22. Healthcare data protection in the UAE // PWC. [Электронный ресурс] URL: <https://www.pwc.com/m1/en/publications/healthcare-data-protection-in-the-uae.html> (дата обращения: 12.11.2022).

© Афанасьев Сергей Дмитриевич (sergei.afanasev@digital.msu.ru), Тростянский Сергей Сергеевич (sergey.trostiansky@digital.msu.ru),
Воронин Тимофей Валерьевич (voronin@digital.msu.ru), Раков Дмитрий Александрович (rakov.d@digital.msu.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МОДЕЛЬ СТРАТЕГИИ КАННИБАЛИЗАЦИИ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ РОБОТИЗИРОВАННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

CANNIBALIZATION STRATEGY MODEL FOR ROBOTIC VEHICLE MAINTENANCE

*E. Volkhonskaia
S. Orlov*

Summary. The article is devoted to the problem of organizing maintenance of a robotic car group with remote control. The complexity of robotic vehicles, high cost and requirements for their reliability necessitate the selection of effective maintenance strategies. Problems with the availability of spare parts and their timely delivery make it advisable to use cannibalized vehicles to reduce downtime. The simulation model based on a colored Petri net is proposed to analyze the processes of operation, maintenance and repair of autonomous vehicles. Experiments have been carried out to evaluate different service scenarios. The obtained results are used in planning the robotic vehicle maintenance.

Keywords: robotic vehicle, simulation, maintenance, colored Petri nets.

Волхонская Елизавета Евгеньевна
Аспирант, Самарский государственный
технический университет
lizaveta5.6@mail.ru

Орлов Сергей Павлович
Д.т.н., профессор, Самарский государственный
технический университет
orlovsp1946@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена проблеме организации технического обслуживания группы роботизированных автомобилей с дистанционным управлением. Сложность роботизированных транспортных средств, высокая стоимость и требования к их надежности обуславливают необходимость выбора эффективных стратегий технического обслуживания. Проблемы с наличием запасных частей и их своевременной доставкой приводят к целесообразности использования каннибализуемых транспортных средств для сокращения простоев. Предложена имитационная модель на раскрашенной сети Петри для анализа процессов эксплуатации, обслуживания и ремонта автономных автомобилей. Проведены эксперименты по оценке различных сценариев обслуживания. Полученные результаты применяются при планировании сервисного обслуживания роботизированных автомобилей.

Ключевые слова: роботизированные автомобили, моделирование, техническое обслуживание, раскрашенные сети Петри.

Введение

Роботизированные автомобили (РА) с дистанционным управлением активно внедряются в логистические операции на промышленных предприятиях и в агротехнических фирмах при работе на территориях большой площади. Это обусловило разработку методов и моделей организации технического обслуживания и ремонта РА с учетом удаленности от центров сервисного обслуживания. Наличие в РА развитой бортовой системы мониторинга и передачи данных о состоянии в процессе эксплуатации позволяет перейти от периодического технического обслуживания к прогнозному обслуживанию [1].

Исследования по созданию цифровых двойников и имитационных моделей на сетях Петри для виртуальных испытаний с целью наилучшей организации технического обслуживания и ремонта автономных транспортных средств описаны в работах [2, 3].

Одной из основных задач является выбор эффективных стратегий технического обслуживания. Специфика удаленного использования РА с дистанционным управлением приводит к развитию стратегии технического обслуживания, которая носит название «каннибализация» [4]. Каннибализация заключается в таком техническом обслуживании, при котором производится заимствование агрегатов и компонентов с одного роботизированного автомобиля для замены неисправных элементов на других РА в тех случаях, когда необходимые запасные части недоступны. В результате, можно за короткое время восстановить до работоспособного состояния РА, вышедшие из строя, не перемещая их в удаленный центр технического обслуживания.

Идеи такого обслуживания впервые были реализованы в авиационной отрасли. В частности, в работах [5, 6] подробно изучены модели стратегии каннибализации для флота воздушных судов.

Таблица 1. Позиции сети Петри

Позиция	Значение позиции
AV	Множество РА в состоянии «Активный», участвующих в производственном процессе
MV	Автомобили в состоянии «Обслуживаемый», выведенные из эксплуатации на время технического обслуживания
Prq	Запрос на получение запасной части от каннибализируемого РА
Ps	Готовность запасной части для установки на обслуживаемый РА
P1	Готовность РА для перевода в модуль CV
P2	Готовность РА для перевода из состояния каннибализируемого автомобиля в состояние «Активный»

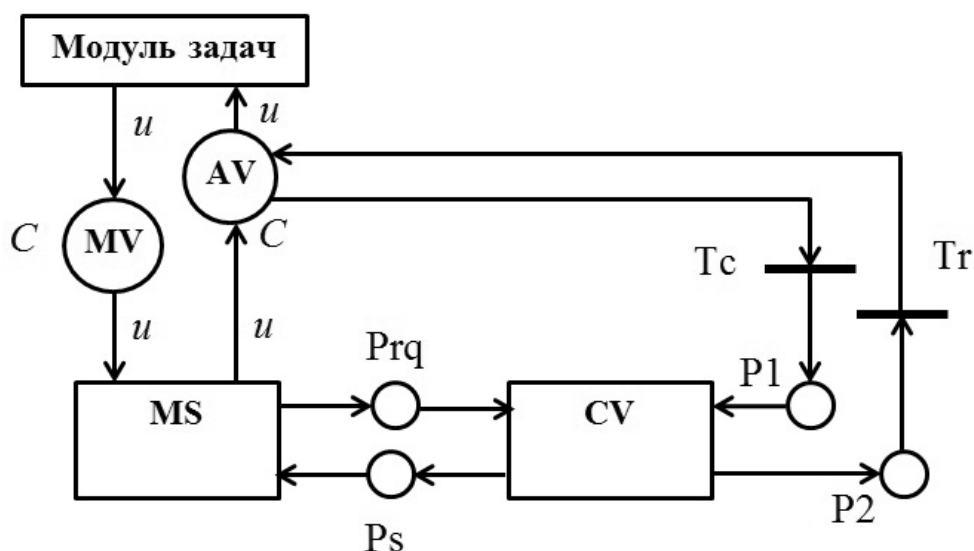


Рис. 1. Структура модулей иерархической модели технического обслуживания

Модель стратегии каннибализации при техническом обслуживании

Предлагаемая модель обслуживания разработана для системы роботизированных агротехнических автомобилей в рамках проекта с ПАО «КАМАЗ» [7]. Модель построена на базе сетей Петри

[8]. Классическая сеть Петри задается в виде:

$$C = (P, T, A, \mu), \quad (1)$$

где P — множество позиций, обозначаемых на графе кружками, T — множество переходов, обозначаемых прямоугольниками, A — множество дуг, соединяющих позиции с переходами, $\mu(P)$ — маркировка сети, соответствующая распределению маркеров по позициям.

Для различных прикладных задач были разработаны расширения сети Петри (1), которые обеспечили

новые функциональные возможности при моделировании. В настоящее время наиболее востребованы стохастические временные раскрашенные сети Петри STCPN [8], позволяющие описывать временные задержки и имитировать различные вероятностные законы событий в сети.

В настоящей статье представлена модель технического обслуживания на основе STCPN с иерархической структурой. В этом случае, в сети Петри верхнего уровня присутствуют переходы, которые называются подстановочными. Эти переходы затем заменяются вложенными сетями Петри нижнего уровня. Такой подход удобен при проектировании модели «сверху вниз».

Общая структура модели технического обслуживания РА приведена на рис. 1.

Подстановочные переходы «Модуль задач», MS и CV образуют верхний уровень иерархической сети.

Таблица 2. Набор цветов раскрашенной сети Петри модели технического обслуживания

Множество цветов	Переменные цветов	Значение
N	n	Индивидуальный номер роботизированного автомобиля
Mark	mk	Марка РА, {КАМАЗ, МАЗ, Вольво}
Model	md	Модификация из модельного ряда РА
Mil	ml	Пробег роботизированного автомобиля, км
RL	rl	Значение остаточного ресурса РА, час

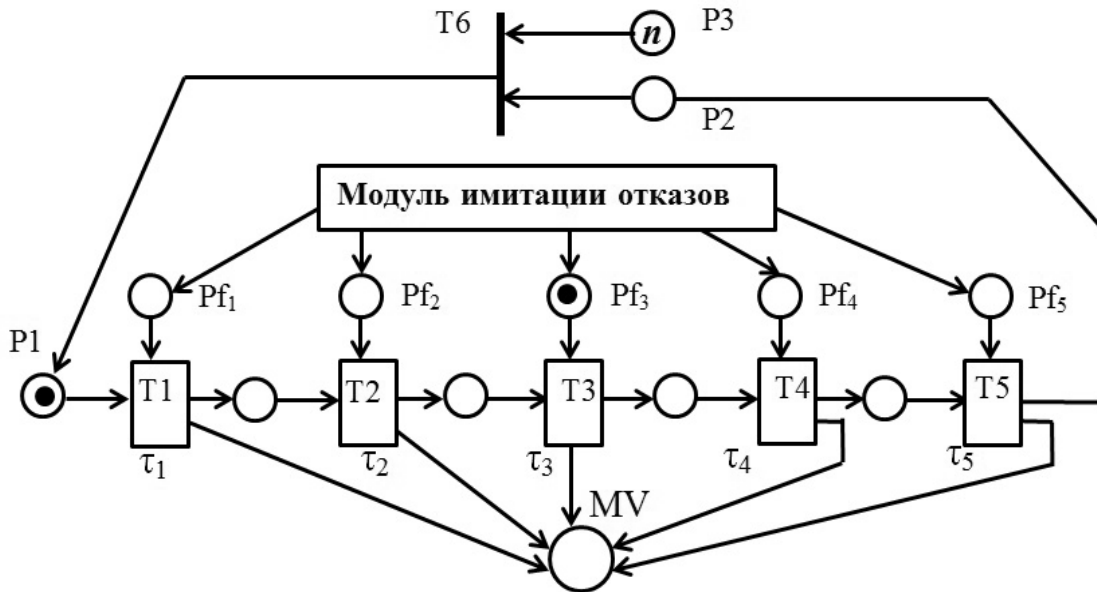


Рис. 2. Модель «Модуль задач»

«Модуль задач» имитирует движение РА по маршруту при выполнении производственных задач. Модуль MS — мобильный сервис технического обслуживания. Он моделирует процесс технического обслуживания роботизированных автомобилей, выполняемый либо непосредственно на маршруте, либо вблизи маршрута. Модуль CV содержит каннибализируемые РА и описывает действия по снятию запасных частей для передачи в мобильный сервис MS.

В таблице 1 приведено описание позиций иерархической модели.

Разработанная стратегия обслуживания предусматривает как периодическое восстановление каннибализируемого автомобиля и перевод его в состояние «Активный» (переход Tr), так и перевод активного автомобиля для последующей каннибализации (переход Tc).

Использование раскрашенной сети Петри позволяет описывать объекты, в нашем случае РА, с помощью

мультимножеств [8], представляющих кортеж основных параметров каждого автомобиля. В этом случае, каждому РА соответствует свой цвет маркеров в позициях сети Петри. В табл. 2 приведено описание набора цветов C для рассматриваемой модели.

В результате каждый РА представлен в модели составным цветом

$$C = \langle N, Mark, Model, Mil, RL \rangle,$$

а дугам позиций AV и MV назначается переменная:

$$u = \{n, mk, md, ml, rl\}.$$

На рис. 2 раскрыта структура сети Петри «Модуль задач».

Переход T1 имитирует движение РА по заданному маршруту к точке выполнения операций в переходе T3, а переход T5 — возвращение по маршруту к месту

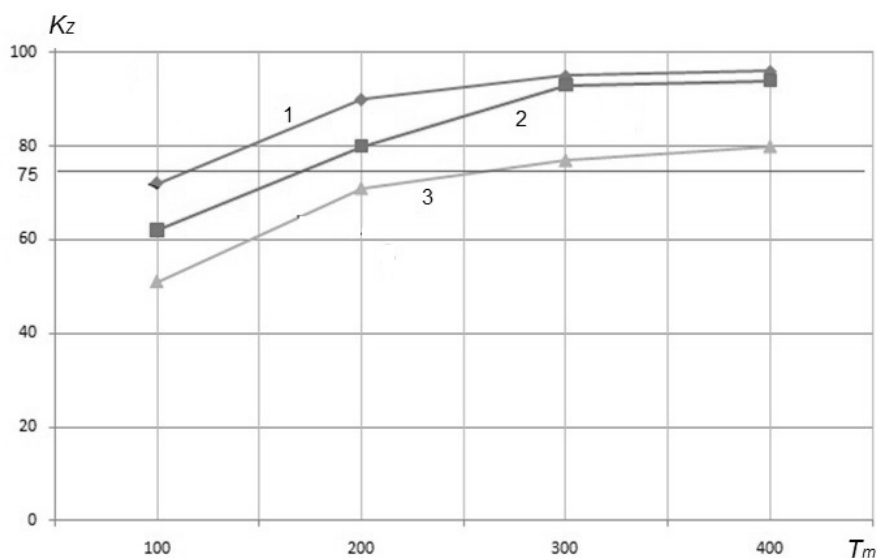


Рис. 3. График коэффициента загрузки ПА:
 1 — $T_{can} = 4$ часа; 2 — $T_{can} = 8$ часов; 3 — $T_{can} = 12$ часов

парковки. Переходы T2 и T4 представляют маневрирование транспортного средства для выполнения операций в заданной точке. Производственный логистический цикл повторяется n раз (позиция P3 и переход T6). Во временной сети Петри каждому переходу приписана длительность его выполнения (на рис. 2 — значения τ_j — τ_s). Позиции Pf₁ — Pf₅ содержат маркеры, появление которых означает возникновение отказа в ПА на каком-либо этапе работы.

Модель «Модуль имитации отказов» строится на базе стохастической сети Петри и использует средства программной системы CPN Tools [9] для задания вероятностных законов распределения отказов в ПА. Для этого в программе можно задавать различные законы: нормальный, Вейбулла, Пуассона и др.

При отказе маркер из соответствующей позиции Pf передается в позицию MV, что означает вывод ПА из эксплуатации на техническое обслуживание. На рис. 3 маркер в позиции Pf₃ показывает, что произошел отказ в ПА при выполнении операции в переходе T3.

Результаты экспериментов

Имитационные статистические эксперименты проводились с использованием закона Вейбулла в модели для генерации событий отказов ПА. На модели выполнялись оценки следующих параметров:

- ♦ необходимое число каннибилизируемых ПА при заданном количестве активных ПА;
- ♦ время восстановления активных ПА в модуле MS;

- ♦ время использования ПА в качестве каннибилизируемого автомобиля;
- ♦ сравнение времени технического обслуживания с каннибализацией и без каннибализации;
- ♦ коэффициент загрузки K_z роботизированных автомобилей.

Коэффициент загрузки определяется по формуле:

$$K_{zj} = T_j / T_{cj}, j = \{1, \dots, J\},$$

где T_j — время нахождения j -ПА в состоянии «Активный», T_{cj} — общее время работы j -ПА, J — количество ПА.

Для примера на рис. 3 показан график зависимости коэффициента загрузки от временных параметров стратегии каннибализации, построенный по результатам имитационного эксперимента. При этом задавались следующие параметры: суммарное количество ПА равно 10, число каннибилизируемых ПА равно 3, время T_{can} технического обслуживания с каннибализацией от 4 до 12 часов, время T_m между периодическим обслуживанием от 100 до 400 часов.

Принимая допустимый уровень загрузки, равный 75%, можно сформировать требования к режиму обслуживания роботизированных автомобилей.

Заключение

Задача управления техническим обслуживанием и ремонтом группы роботизированных автомобилей

решается с использованием виртуальных испытаний. С этой целью построена иерархическая раскрашенная сеть Петри, направленная на исследование эффективности стратегии каннибализма при техническом обслуживании. Использование отдельных автомобилей в качестве каннибализируемых объектов становится все более актуальным в условиях дефицита запасных

частей и значительного увеличения сроков их поставки. В модулях разработанной имитационной модели учтены особенности эксплуатации и обслуживания РА. Предложенный подход обеспечивает анализ влияния случайных факторов: деградации элементов, появления неисправностей, изменения условий эксплуатации транспортных средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щербаков М.В., Сай Ван К. Архитектура системы предсказательного технического обслуживания сложных многообъектных систем в концепции Индустрии 4.0// Программные продукты и системы. — 2020. — № 2. — С. 186–194.
2. Орлов С.П., Бизюкова Е.Е., Яковлева А.Е. Виртуальные испытания агрегатов для виртуального ввода в производство роботизированного автомобиля// Вестник СамГТУ. Серия «Технические науки». — 2021. — Том 29(1). — С. 46–57.
3. Сусарев С.В., Орлов С.П., Бизюкова Е.Е., Учайкин Р.А. Применение моделей на сетях Петри при организации технического обслуживания автономных агротехнических транспортных средств// Известия Санкт-Петербургского гос. технолог. ин-та (технического университета). — 2021. — № 58(84). — С. 98–104.
4. Fisher W.W. Issues and Models in Maintenance Systems Incorporating Cannibalization: A Review// Information Systems and Operational Research. 1990. Vol. 28(1). P. 154–164.
5. Sheng J., Prescott D. A hierarchical coloured Petri net model of fleet maintenance with cannibalisation// Reliability Engineering & System Safety. 2017. Vol. 168. P. 290–305.
6. Sheng J., Prescott D. A colored Petri net framework for modeling aircraft fleet maintenance with cannibalisation// Reliability Engineering & System Safety. 2019. Vol. 189. P. 67–88.
7. Сусарев С.В., Сидоренко К.В., Морев А.С., Гашенко Ю.В. Принципы построения систем управления роботизированными транспортными средствами с автономным и дистанционным режимом управления// В сборнике: Проблемы управления и моделирования в сложных системах. Труды XXI Международной конференции. Самара. — 2019. — С. 107–110.
8. Jensen K., Kristensen M. Coloured Petri Nets: Modelling and Validation of Concurrent Systems. Berlin/Heidelberg: Springer, 2009. 382 p.
9. CPN Tools. Modeling with Coloured Petri Nets. [Электронный ресурс]. 20.09.2022. Режим доступа: <http://cpntools.org/2018/01/16/getting-started>.

© Волхонская Елизавета Евгеньевна (lizaveta5.6@mail.ru), Орлов Сергей Павлович (orlovsp1946@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МИРОВЫЕ ПРАКТИКИ РАЗРАБОТОК ТЕХНОЛОГИЙ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В СФЕРЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

GLOBAL PRACTICES OF DIGITAL TWIN TECHNOLOGY DEVELOPMENT IN THE FIELD OF RAILWAY TRANSPORT

**T. Voronin
D. Dolbunova
E. Kovrova
E. Shitov**

Summary. This article is devoted to the use of digital twin in transport systems. The examples of digital twin projects from various countries, that carried out in order to optimize the movement of trains, repair work and maintenance of tracks, are highlighted. A number of innovative solutions used in Russian transport projects for creating digital models are presented. Recommendations for the implementation of digital twin technologies in railway systems are given.

Keywords: digital twins, artificial intelligence, railway systems, optimization, predictive analytics.

Воронин Тимофей Валерьевич

Специалист, Центр хранения и анализа больших данных, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва
voronin@digital.msu.ru

Долбунова Дарья Дмитриевна

Ведущий специалист, Центр хранения и анализа больших данных, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва
daria.dolbunova@digital.msu.ru

Коврова Екатерина Сергеевна

Ведущий специалист, Центр хранения и анализа больших данных, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва
lubomirova.ek@digital.msu.ru

Шитов Егор Александрович

Ведущий специалист, Центр хранения и анализа больших данных, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва
egor.shitov@digital.msu.ru

Аннотация. Настоящая статья посвящена применению технологий цифровых двойников для развития транспортных систем. Приведены основные примеры проектов различных стран по внедрению технологий цифровых двойников с целью оптимизации движения поездов, ремонтных работ и технического обслуживания путей. Рассмотрен ряд инновационных решений, используемых в российских транспортных проектах при создании цифровых моделей. Даны рекомендации по внедрению технологий цифровых двойников в железнодорожные системы.

Ключевые слова: цифровые двойники, искусственный интеллект, железнодорожные системы, оптимизация, предиктивная аналитика.

В настоящее время мировое сообщество активно внедряет различные инновационные технологии в транспортную систему с целью повышения эффективности, безопасности и скорости перевозок. Технологии цифровых двойников позволяют тестировать инженерные решения в виртуальной среде, чтобы избежать разрушения опытных образцов или возникновения аварий с человеческими жертвами. Цифровые двойники также позволяют сократить расходы на внедрение новых технологий.

Актуальность использования технологий цифровых двойников обуславливается рядом факторов.

Во-первых, развитие цифровизации позволяет проводить наблюдения за поведением изучаемых объектов без необходимости проведения физических тестов или испытаний, требующих большого объема средств и дорогостоящего оборудования.

Во-вторых, внедрение технологий цифровых двойников позволяет сократить выбросы вредных для окружающей среды веществ, включая углекислый газ, при тестировании новых моделей транспорта, что соответствует решению такой глобальной проблемы как изменение климата.

Более того, использование цифровых двойников позволяет изучить поведение тестируемого изобретения или конструкции при отсутствии необходимых условий, включая географические особенности и внешние факторы воздействия, требуемые для физических экспериментов и тестовых запусков в режиме возникновения внештатных и критических ситуаций.

Целью данного исследования является изучение результатов применения технологий цифровых двойников с целью развития транспортных систем и повышения их эффективности и безопасности.

Цифровой двойник представляет собой совокупность современных технологий, в том числе больших данных, искусственного интеллекта, машинного обучения и интернета вещей, которые применяются для предиктивного анализа любой системы или оборудования [1].

Концепция цифровых двойников появилась в 2002 г., однако подобные технологии применялись с второй трети XX века. Примером служит создание системы для моделирования полета космического корабля «Аполлон-13», которая позволила НАСА вернуть членов экипажа на Землю, несмотря на взрыв кислородного бака и последовавший сбой в работе топливных элементов. Тестирование сценариев дальнейшего развития событий с помощью модели «Аполлона» позволило центру управления полетами принять решение о возврате корабля [2]. В октябре 2002 г. в Мичиганском университете состоялось выступление профессора Майкла Гривза, посвященное управлению жизненным циклом продукта с помощью виртуального пространства [3]. Данное событие принято считать появлением концепции цифровых двойников, которая получила свое нынешнее название лишь в 2011 г. Ее прежними названиями были «модель зеркальных пространств» и модель «информационного зеркала» [4].

Развитие науки и необходимость применения инновационных решений в сфере пассажирских и грузовых перевозок стали причиной внедрения технологий цифровых двойников в транспортную систему.

Примером использования цифровых двойников является совместный проект компаний «Greater Anglia» (Великобритания) и «Toshiba Digital and Consulting Corporation» (Япония), внедрение которых позволило оптимизировать расписание поездов и состав маршрутов, что повысило эффективность эксплуатации объектов железнодорожной отрасли. Оптимизация движения поездов происходила за счет автоматизированного выявления потенциальных конфликтов в расписании поездов компании. Виртуальное моделирование движения составов, включая среднюю скорость на маршруте, торможение и ускорение поездов, позволило применить тестируемые изменения в реальности [5].

Использование цифровых двойников продемонстрировало эффективность во время пандемии COVID-19, ставшей причиной введения ограничений на передвижения и путешествия, а также присутствия специалистов при натурных испытаниях новых решений. В октябре 2020 г. «Network Rail» (Великобритания) использовала виртуальное моделирование для оптимизации размеров и внешнего вида вывесок на лондонском вокзале Паддингтон. Была создана 3d-модель,

которая позволила начать использование более оптимизированных указателей и информационных стендов для повышения пропускной способности вокзала, не прибегая к проведению тестов с участием пассажиров [6].

Говоря о применении цифровых двойников во Франции, необходимо отметить опыт железнодорожного оператора «SNCF Réseau». Компания с 2018 г. занимается оцифровкой данных, включая характеристики составов, протяженность маршрутов, конструкции станций и вокзалов и т.д. Реализация данного проекта осуществляется с помощью системы моделирования данных «ARIANE», позволяющей проводить виртуальные тесты движения железнодорожных составов с целью оптимизации расписания движения поездов и маршрутной сети [7].

Оператор железнодорожных дорог Италии «Ferrovie dello Stato Italiane» использует технологии цифровых двойников и искусственный интеллект для строительства новых магистралей. При сотрудничестве с итальянской инженеринговой компанией «Italferr» в 2019 г. было начато строительство высокоскоростной линии между Неаполем и Бари, на юге Италии. Применение беспилотных летательных аппаратов и цифровых двойников позволяет инженерам контролировать ход работ без необходимости присутствия на строительных площадках. Оцифровка имеющихся данных также позволяет компании проводить мониторинг действующих маршрутов с целью актуализации расписания движения поездов с возможностью внесения требуемых изменений, вызванных сезонностью пассажиропотока и другими факторами волатильности спроса [8].

Немецкий оператор железных дорог «Deutsche Bahn» совместно с международной компанией-картографическим разработчиком «HERE Technologies» в 2021 г. начали реализацию проекта по созданию цифрового двойника железной дороги. Оснащение состава датчиками для отслеживания перемещений и изменения окружающей обстановки позволяет создать виртуальную карту для организации движения высокоскоростных поездов. Использование цифрового двойника железнодорожного маршрута позволяет увеличить его пропускную способность и оптимизировать движение поездов путем запуска дополнительных составов и регулировки интервалов отправления [9].

Технология цифровых двойников применяется также и в метрополитене, например, в Монреале, Канада. В 2009 г. был запущен высокоскоростной участок «Canada Line» надземного метро, протяженность которого составляет 11,9 миль. С помощью лидара и ультразвуковых датчиков была создана точная цифровая копия всего маршрута, включая станции, запасные пути

и стрелочные переводы. Каждый элемент системы содержит информацию о материале изготовления, датах ввода в эксплуатацию и прохождения технического обслуживания, что позволяет поддерживать работоспособность маршрута и предотвращать выход из строя его отдельных составляющих. Использование цифрового двойника «Canada Line» также позволяет удаленно регулировать время отправления поездов, что повышает эффективность пассажироперевозок и помогает избежать простоя составов. Сочетание данной технологии и внедрения искусственного интеллекта значительно упрощает проведение ремонтных работ и техническое обслуживание железнодорожной линии, что повышает безопасность и увеличивает объемы перевозок [10].

Среди аналогичных российских проектов можно отметить создание цифрового двойника Куйбышевской дороги (филиал ОАО «РЖД»), протяженность которой составляет около 11 тыс. километров. Внедрением данной технологии занималось ООО «НТЦ Транссистемотехника» в 2017–2019 гг. Результатом стало создание цифровой модели сортировочных станций на данном маршруте, включая крупнейшую из них — Кинель. Внедрение двойника позволило операторам железной дороги сократить время стоянки грузовых поездов, а также ускорить формирование новых составов. Данный результат был достигнут за счет применения ряда инновационных решений.

Во-первых, сотрудники сортировочных станций начали использовать мобильного приложения, автоматически рассчитывающего время выполнения необходимых операций по объединению нескольких составов в один, разгрузки и погрузки различных грузов. Задачи для персонала отправляются оператором станции, при нарушении сроков или последовательности выполнения которых, приложение перестраивает алгоритм их выполнения.

Во-вторых, внедрение автоматизированной системы управления станциями (АСУ СТ) «Полиграф» позволило предиктивно просчитывать маршрут движения грузовых составов и бригад станций. Горизонт планирования составляет 24 часа, что позволяет заранее планировать прибытие поезда и процесс сортировки разных типов грузовых вагонов.

В-третьих, создание цифровых двойников станционных диспетчеров, операторов и дежурных по депо позволило оптимизировать процесс принятия решений и рассчитать необходимое время для выполнения конкретных задач [11].

Используя опыт внедрения цифрового двойника Куйбышевской железной дороги, ОАО «РЖД» в насто-

ящее время занимается созданием цифровой модели всей железнодорожной системы России, что позволит в значительной степени увеличить эффективность грузовых и пассажирских перевозок. Данный проект реализуется с 2021 г., позволяя ускорять принятие управленческих решений, удаленно контролировать состояние железнодорожного полотна, а также объектов инфраструктуры, внедрять новые модели вагонов и локомотивов [12].

Таким образом, в настоящее время важной тенденцией в области развития безопасности и эффективности железнодорожных систем является создание и применение цифровых двойников подвижного состава и инфраструктуры. Разработка цифровых моделей позволяет улучшить режимы эксплуатации железнодорожных путей, оптимизировать расписание и маршруты подвижного состава, управлять пассажиропотоком, что ведет сокращению издержек компаний и повышению их конкурентоспособности, а также к снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Стоит отметить, что представленные в статье разработки широко применяются в составе систем, которые предназначены для выполнения узконаправленного спектра задач и моделирования отдельных процессов. Объединение исследуемых процессов и объектов в рамках одной масштабной цифровой среды поможет компаниям контролировать развитие железнодорожной системы на всех этапах её жизненного цикла. Для создания и поддержания подобных систем необходимо использовать технологии сбора, хранения, обработки и анализа больших данных, осуществлять построение моделей и реализовывать их обучение на доступных наборах данных. Данные технологии позволят осуществлять мониторинг процессов в режиме реального времени за счет передачи большого массива данных с различных принимающих устройств.

Говоря о дальнейших перспективах внедрения технологий цифровых двойников в железнодорожные системы, важно подчеркнуть их высокую эффективность, а при использовании искусственного интеллекта — и автономность их работы, что делает возможным оперативное и эффективное принятие управленческих решений, контроль состояния инфраструктуры и внесение необходимых корректировок в расписание движения составов. Для дальнейшего внедрения цифровых двойников необходимо принять ряд мер.

Во-первых, увеличить меры государственной поддержки технологических компаний, внедряющих данную технологию с целью стимулирования проведения большего числа как научно-исследовательских, так

и конструкторских работ по использованию цифровых двойников в железнодорожных системах.

Во-вторых, использовать передовой опыт компаний, успешно создавших виртуальные модели объектов инфраструктуры железной дороги, что позволит сократить время на разработку и внедрение собственных решений и ускорить процесс цифровизации.

В-третьих, поощрение операторами железных дорог прохождения курсов повышения квалификации сотрудниками, а также внедрение цифровизации в привычные и рутинные процессы работы позволит более эффективно внедрять цифровые технологии. Полученные работниками знания и умения, касающиеся работы с цифровыми технологиями, облегчат их адаптацию

к использованию виртуальных моделей и ускорят данный процесс.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке в рамках реализации программы Центров компетенций Национальной технологической инициативы на базе Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (договор о предоставлении средств юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю на безвозмездной и безвозвратной основе в форме гранта, источником финансового обеспечения которых полностью или частично является субсидия, предоставленная из федерального бюджета № 70–2021–00252 от 15.12.2021).

ЛИТЕРАТУРА

1. Digital twin market — growth, trends, COVID-19 impact, and forecasts (2022–2027) // Mordor Intelligence [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/digital-twin-market> (дата обращения: 17.12.2022)
2. The history and creation of the digital twin concept // Challenge Advisory. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.challenge.org/insights/digital-twin-history/>
3. Grieves, Michael. (2002). SME Management Forum Completing the Cycle: Using PLM Information in the Sales and Service Functions.
4. Grieves, Michael. (2006). Product lifecycle management — driving the next generation of lean thinking; [how GE, Pund G, Ford, Toyota, an other leading companies achieved dramatic increases in productivity and profit].
5. The growth of digital twins in the UK rail industry // Global Railway review [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.globalrailwayreview.com/article/122411/digital-twins-uk-rail-industry/> (дата обращения: 15.12.2022)
6. The growth of digital twins in the UK rail industry // Global Railway review [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.globalrailwayreview.com/article/122411/digital-twins-uk-rail-industry/> (дата обращения: 15.12.2022)
7. Opportunities for digital twin technology on the French railway network // Global Railway review [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.globalrailwayreview.com/article/120552/digital-twins-french-railway-network/> (дата обращения: 15.12.2022)
8. Drones, digital twins and AI: inside Ferrovie dello Stato's ground-breaking project // Microsoft [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://customers.microsoft.com/EN-CA/story/1462769656169994909-fsitaliane-discrete-manufacturing-azure-en-italy> (дата обращения: 15.12.2022)
9. Deutsche Bahn to test HD mapping, creating railway Digital Twin // RailTech. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.railtech.com/digitalisation/2021/01/18/deutsche-bahn-to-test-hd-mapping-creating-railway-digital-twin/?gdpr=accept> (дата обращения: 15.12.2022)
10. How digital twinning is making Canada's trains run on time // Global Railway Review. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.globalrailwayreview.com/article/139820/digital-twins-canada-trains/> (дата обращения: 15.12.2022)
11. Цифровой двойник для железнодорожных станций // Globalcio. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://globalcio.ru/projects/3019/> (дата обращения: 15.12.2022)
12. Евгений Чаркин: «Проекты 2021 года направлены на построение цифрового двойника РЖД» (часть I) // CDO2DAY. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://cdo2day.ru/lico-raspoznano/evgenij-charkin-proekty-2021-goda-napravleny-na-postroenie-cifrovogo-dvojnika-rzhd-chast-i/> (дата обращения: 15.12.2022)

© Воронин Тимофей Валерьевич (voronin@digital.msu.ru), Долбунова Дарья Дмитриевна (daria.dolbunova@digital.msu.ru), Коврова Екатерина Сергеевна (lubomirova.ek@digital.msu.ru), Шитов Егор Александрович (egor.shitov@digital.msu.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОВРЕМЕННЫЕ РЕАЛИИ ЗАЩИТЫ ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСОВ

MODERN REALITIES OF PROTECTION OF CLOUD SERVICES

**O. Vysotin
A. Vysotin
A. Kuleshov
V. Fedorova
E. Zelentsova**

Summary. This article assesses the current situation in the market for services, ensuring the security of information and technical means related to cloud technologies, considers the options that are available in our country when most IT companies leave the Russian market. The components of information protection of cloud services are analyzed.

Keywords: cloud services, information protection, hardware, software, sanctions, import substitution, developer, vulnerabilities, comprehensive protection, crisis situation.

Высотин Олег Валерьевич

*К.т.н, профессор Академии военных наук,
Федеральная служба по техническому и экспортному
контролю ФСТЭК России
visotin@mail.ru*

Высотин Андрей Олегович

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

Кулешов Алексей Игоревич

*Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана
kuleshovai@student.bmstu.ru*

Федорова Вероника Анатольевна

*К.т.н., доцент, Московский государственный
технический университет им. Н.Э.
bmstuf@mail.ru*

Зеленцова Екатерина Валентиновна

*К.т.н., доцент, Московский государственный
технический университет им. Н.Э. Баумана
katez@mail.ru*

Аннотация. В данной статье оценивается текущая ситуация на рынке услуг, обеспечения безопасности информации и технических средств, связанных с облачными технологиями, рассматриваются варианты, которые доступны в нашей стране при уходе большинства IT-компаний с российского рынка. Проанализированы составляющие защиты информации облачных сервисов.

Ключевые слова: облачные сервисы, защита информации, технические средства, программное обеспечение, санкции, импортозамещение, разработчик, уязвимости, комплексная защита, кризисная ситуация.

Введение

За последние 5–10 лет в мире растет количество облачных сервисов, предлагающих пользователям широкий спектр услуг в повседневной или деловой деятельности. Эти сервисы облегчают использование функций, для которых требуются большие технические и экономические средства. Использование облачных сервисов позволяет рядовым пользователям не иметь дома или в офисе большие вычислительные возможности, и как следствие, считается лучшим вариантом для простых пользователей.

В настоящее время на рынке представления информационных услуг сложилась кризисная ситуация, что также влияет на обеспечение безопасности информации и технических средств, связанных с облачными

технологиями [9]. С учетом ухода большинства IT-компаний с российского рынка ситуация еще больше обостряется.

После введения санкций в IT-области возможно использовать только российские и китайские аналоги и следовательно, необходимо дорабатывать составляющие защиты информации облачных сервисов. Рассмотрим и сформулируем какие современные тенденции появляются в сфере защиты облачных сервисов. Сделаем предположение о дальнейшем развитии данной области в ближайшем будущем.

Облачные сервисы

Облачные сервисы можно разделить на несколько типов по решаемым задачам [12]:

Таблица 1. Перечень компаний-производителей оборудования

Название	Страна	Направление деятельности
Dell	США	Крупнейшая компания в области производства компьютеров
HP	США	Поставщик аппаратного и программного обеспечения
Nvidia	США	Разработчик GPU и систем на чипе
IBM	США	Крупнейший производитель и поставщик аппаратного и программного обеспечения, а также IT-сервисов и консалтинговых услуг
Cisco Systems	США	Разрабатывающая и продающая сетевое оборудование, специализирующаяся в области высоких технологий
AMD	США	Производитель интегральной микросхемной электроники, один из крупнейших производителей CPU, GPU, адаптеров, материнских плат и чипсетов для них, а также твердотельных накопителей
Microsoft	США	Производитель проприетарного ПО для различного рода вычислительной техники
Qt Group	Норвегия	Производитель производству программного обеспечения
Ajax Systems	Украина	Разрабатывающая беспроводных и проводных систем безопасности полного цикла
Nokia	Финляндия	Производитель телекоммуникационного оборудования для мобильных, фиксированных, широкополосных и IP-сетей
TSMC	Китайская Республика (Тайвань)	Занимающаяся изучением и производством полупроводниковых изделий
Intel	США	Разработчик и производитель электронных устройств и компьютерных компонентов
Parallels	Россия	Специализируется на разработке программного обеспечения
Ericsson	Швеция	Производитель телекоммуникационного оборудования

IaaS («Инфраструктура как услуга») — представлено созданием виртуальных рабочих мест сотрудников и местом в сетевом хранилище данных. Пример сервисов: «VMware Horizon», «DigitalOcean», «vGate»;

PaaS («Платформа как услуга») — используется как виртуальный сервер для контейнеризации программных продуктов;

SaaS («Программное обеспечение как услуга») — программное обеспечение, используемое без установки его на пользовательское устройство. Примерами такого сервиса является «VK Cloud», «Яндекс.Диск», «Яндекс.Документы» [15].

Составляющие защиты информации облачных сервисов

Рассмотрим процесс функционирования облачных сервисов, в том числе систему защиты информации. Для обеспечения функционирования облачных сервисов используются центр обработки данных (далее — ЦОД) и его информационно-телекоммуникационная система (далее — ИТС) [14].

Разделим систему защиты информации на две составляющие [10], [17]:

1. Непосредственная защита (физическая) — защита здания ЦОД, реализация температурно-влажностного режима для обеспечения функционирования ИТС.

Данная составляющая включает в себя:

- ◆ наличие круглосуточной охраны на объекте (служба безопасности, сеть видеонаблюдения, датчики проникновения и т.д.);
- ◆ использование система контроля и управление доступом (далее — СКУД) (наличие турникетных ворот с защитой от обратного хода и т.д.);
- ◆ выполнение организационных мер;
- ◆ периодические проверки персонала, имеющего доступ к ЦОД;
- ◆ размещение ЦОД в местах, свободных от риска стихийных бедствий.

2. Защита технических и программных средств [19].

К защите технических средств относятся;

- ◆ минимизация трафика через выделенные залы обработки данных, помещения и ячейки;
- ◆ установка автономных дублирующих систем энергоснабжения;
- ◆ предварительная проверка используемого оборудования.
- ◆ К защите программных средств относятся:

Таблица 2. Остановленные облачные сервисы

Компания	Страна	Направление деятельности
Serpstat	Украина	SEO-платформа SaaS-модели
Heroku	США	Облачная PaaS-платформа, поддерживающая ряд языков программирования

Таблица 3. Системы физической защиты объектов

Компания	Страна	Направление деятельности
Assa Abloy (Electromechanical and Electronic Locks)	Швеция	Контроль доступа
Bosch Security Systems	Германия	Системы безопасности
Hanwha Techwin	Корея	Видеонаблюдение
Flir Systems (Commercial, Government and Defense)	США	Видеонаблюдение, контроль доступа

- ◆ использование трехфакторной аутентификации;
- ◆ системы разграничения доступа;
- ◆ ограничение доступа к ячейкам информации пользователей;

Организационные меры реализуются путем мониторинга действий и обеспечения безопасности их учетных данных, что влияет на снижение риска для инсайдеров.

Проблемной ситуацией в настоящее время является то, что большое количество облачных сервисов используют технические и программные средства иностранных разработчиков, а также средства физической защиты иностранного производства. Пример: для СКУД использовались и продолжают использоваться системы Cisco, IBM, Bosch Security Systems, коммутационное оборудование от компании Cisco или HP, серверное программное обеспечение Microsoft Windows Server.

Рассмотрим сложившуюся в 2022 году ситуацию на рынке услуг оказания облачных сервисов.

Анализ современных реалий защиты облачных сервисов в Российской Федерации

Иностранные компании-производители оборудования, которые остановили свою деятельность на территории Российской Федерации.

Рассмотрим компании, которые составляют систему облачных сервисов (таблица 1).

С учетом введения санкций в IT-области в отношении Российской Федерации остановлены облачные сервисы следующих типов (таблица 2):

Перечень системы физической защиты объектов приведен в таблице 3.

Уязвимости в используемом программном обеспечении

С учетом ухода иностранных компаний с территории Российской Федерации возникла еще одна проблемная ситуация — отсутствие обновления программного обеспечения.

В соответствии с ГОСТ 56546–2015 «Защита информации. Уязвимости информационных систем. Классификация уязвимостей информационных систем» любой недостаток (слабость) программного (программно-технического) средства или информационной системы в целом, который(ая) может быть использован(а) для реализации угроз безопасности информации называется уязвимостью. К уязвимостям относится и отсутствие обновления программного обеспечения.

В связи с тем, что иностранные компании больше не предоставляют услуги в Российской Федерации, то найденные уязвимости невозможно устранить, так как отсутствует доступ к серверам обновлений. Отсутствие данного доступа приводит к невозможности обновления и устранения недостатков у применяемых технических средств, а также их диагностики [4].

Таблица 4. Выявленные уязвимости, ушедших иностранных компаний-производителей

Номер уязвимости	Выявленная уязвимость	Дата размещения на сайте БДУ
BDU:2022–06634 [7]	Уязвимость режима рендеринга Vulkan браузеров Google Chrome и Microsoft Edge, позволяющая нарушителю выполнить произвольный код	25.10.2022
BDU:2022–06632 [7]	Уязвимость компонента Upload программного средства для работы с веб-приложениями Oracle Web Applications Desktop Integrator, позволяющая нарушителю получить полный контроль над приложением	18.10.2022
BDU:2022–06631 [7]	Уязвимость исполняемого файла iscsicpl.exe операционной системы Windows, позволяющая нарушителю выполнить произвольный код	27.07.2022

Таблица 5. Разработчики оборудования отечественного производства

Название	Направление деятельности
Eltex	Разработчик и производитель телекоммуникационного оборудования
Название	Направление деятельности
Ангстрем	Разработчик полного цикла по производству микросхем и силовых полупроводниковых приборов
QTech	Производитель телекоммуникационного и IT-оборудования
Network Systems Group	Производитель оборудования для сетей передачи данных
ООО «НПО «Рапира»	Разработчик и производитель телекоммуникационного оборудования, занимается проектированием инфраструктуры беспроводных сетей, их построению и вводу в эксплуатацию.
PicoCell	Разработчик и производитель оборудования сотовой связи
ООО «Радиокомп»	Разработчик, производитель, радиоэлектронной продукции для наземных, авиационных и космических сфер промышленности
НТЦ «СГЭП»	Разработчик и производитель промышленных систем электропитания
АО НПП «Полигон»	Производитель высокотехнологичного радиоэлектронного и телекоммуникационного оборудования для нужд операторов связи, ведомственных структур, органов государственной власти и других заказчиков
ООО «Спецстрой-связь»	Разработчик и производитель собственного телекоммуникационного и сотового оборудования, систем беспроводной сети, программного обеспечения для различных продуктов, систем безопасности, оповещения
«Овен»	Разработчик и производитель контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации для различных отраслей промышленности
АО «Микрон»	Производитель интегральных схем для защищенных носителей данных, идентификационных, платежных и транспортных документов, управления питанием и RFID-маркировки для различных отраслей цифровой экономики
ЗАО «Институт сетевых технологий»	Собственные программные и программно-аппаратные продукты, реализующие передовые информационно-телекоммуникационные технологии и обеспечивающие соблюдение требований руководящих документов Российской Федерации по защите информации

Кроме этого, нет возможность коммерческой разработки программного обеспечения из-за отсутствия сред разработки.

Приведём примеры найденных уязвимостей (таблица 4).

Полный перечень выявленных уязвимостей размещен на официальном сайте Банка данных угроз безопасности информации и его Телеграмм-канале.

Российские аналоги технических средств и программного обеспечения

В сложившейся ситуации, представляется возможным реализация решений на базе технических и программных средств российского производства, являющихся аналогами ушедших средств иностранного производства, которые также можно использовать, и для облачных сервисов.

Таблица 6. Разработчики отечественного программного обеспечения

Название	Направление деятельности
ГК «Astra Linux» (ООО «РусБИТех-Астра»)	Разработка операционной системы «Astra Linux»
«БазАльт СПО»	Разработка операционной системы «Альт»
«Ред Софт»	Разработка операционной системы «РЕД ОС»
«Новые облачные технологии»	Офисные решения для общения и совместной работы с документами «МойОфис»
ООО «НПП «ЭЛКОМ»	Фильтр сетевой помехоподавляющий ФСПК-10-220-99-УХЛ4
ЗАО «ОКБ САПР»	Программно-аппаратный комплекс средств защиты информации от несанкционированного доступа «Аккорд-АМДЗ»
ООО «Фактор-ТС»	Программно-аппаратный комплекс «Сервер безопасности DioNIS Security Server» с встроенным межсетевым экраном «DioNIS Firewall» (модификации «DioNIS TS/FW 16000», «DioNIS TS/FW 160FD», «DioNIS TS/FW 1600R», «DioNIS TS/FW 1600V»)

Таблица 8. Ключевые компании КНР — поставщики оборудования

Название	Направление деятельности
Huawei	Производитель телекоммуникационного и ИТ-оборудования
Tr-Link	Производитель телекоммуникационного и ИТ-оборудования
Mercusys	Производитель телекоммуникационного и ИТ-оборудования

Рассмотрим отечественные компании — разработчики оборудования отечественного производства (таблица 5), отечественного программного обеспечения (таблица 6) и отечественных средств защиты информации (таблица 7).

Полный перечень сертифицированных средств защиты приведен в Государственном реестре сертифицированных средств защиты информации, размещенном на официальном сайте ФСТЭК России.

Российские технические и программные средства имеют достаточно мощные системные требования, однако в большинстве случаев необходимо реализовать более комплексное взаимодействие между компаниями для обеспечения комплексной защиты и поддержки аналогичных российских продуктов.

По результатам анализа можно установить, что в нашей стране достаточно много производителей технических и программных средств, которые могут составить конкуренцию или заменить продукты ушедших иностранных ИТ-компаний.

Пока нет подробной статистики по импортозамещению, но предложенные решения данных предприятий позволяют закрыть оставшиеся пустыми ниши рынка и восстановить возможности отечественной сетевой безопасности на должный уровень.

Китайские аналоги программного обеспечения и технических средств

В качестве альтернативы имеется возможность использовать технические и программные средства из Китайской Народной Республики. Почти все оборудование, доступное на рынке, прошло проверку на соответствие требованиям защиты информации и может быть установлено на предприятиях/в компаниях для дальнейшей настройки и использования.

Имеются свои специфики работы в виде специализированного программного обеспечения, технических характеристик и ограничений, но большая часть аппаратуры может быть интегрирована в отечественные локальные сети и информационные системы (открытого доступа) без особых проблем.

Список ключевых компаний КНР — поставщиков оборудования приведен в таблице 8.

Направления развития облачных сервисов в Российской Федерации

С учетом проведенного в статье анализа можно сформулировать некоторые направления развития облачных сервисов.

Рынок развивается очень стремительно, и количество используемых сервисов будет только увеличиваться. Ожидается заход на российский рынок китайских компаний, которые готовы закрыть потребности пользователей в различных сферах. Для предприятий малого и среднего бизнеса экономически не выгодно покупка систем, им достаточно аренда.

С точки зрения защиты информации российские компании могут закрывать возникающие проблемы в программном обеспечении и технических средствах, так как им доступны уязвимости, которые появляются в системе и доступны критические обновления или поставка устройств, закрывающих технические уязвимости [9].

Кроме этого, для устранения проблем с ремонтом и поставками комплектующих для оборудования иностранного производства, израсходования страхового запаса комплектующих, а также необходимости обновления оставшегося иностранного программного обеспечения предлагается наладить производство всего необходимого оборудования и компонентов на территории Российской Федерации, осуществить интеграцию информационных ресурсов производства и компаний в российские телекоммуникационные системы и отечественные большие хранилища данных [4], [5].

Устранение проблем с программным обеспечением предлагается решать путем приоритетной разработки и внедрения отечественного программного обеспечения, в том числе в директивном порядке, по аналогии с объектами критической информационной инфраструктуры, которое будет на том же уровне, а где-то и лучше, зарубежных аналогов для упрощения процесса импортозамещения.

Заключение

В настоящее время очень сложно сделать какие-то конкретные выводы из текущей ситуации на рынке, за исключением нескольких вещей [19]:

1. Исход или временная приостановка деятельности иностранных компаний с российского рынка будет продолжаться еще какое-то время;
2. Предложения по рынку оборудования и программного обеспечения будет временно уменьшаться, пока не наладится производство и выпуск оборудования отечественного производства или аналогов иностранных технических и программных средств;
3. Часть компаний, ушедших летом, будет поставлять свою продукцию либо через т.н. «параллельный импорт», либо через местные филиалы;
4. Стоит рассматривать продукцию, представленную азиатским или ближневосточным рынком (Иран, Китай, Вьетнам, Индия и др.), как альтернативу недоступному (отсутствующему) оборудованию и программному обеспечению, предварительно изменяя их под нужды российских заказчиков;
5. Требуется наладить производство оборудования и программного обеспечения в нашей стране, так как это критически необходимо для дальнейшей работоспособности многих отраслей деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ // [Электронный ресурс] URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/24154> Дата обращения: 16.09.2022.
2. «Требования к средствам криптографической защиты информации, предназначенным для обеспечения некорректируемой регистрации информации, не содержащей сведения, составляющих государственную тайну» ФСБ России от 17 сентября 2019 г. // [Электронный ресурс] URL: <http://www.fsb.ru/fsb/science/single.htm%21id%3D10437338%40fsbResearchart.html> Дата обращения: 18.09.2022.
3. Выписка из «Требований к средствам криптографической защиты информации, предназначенным для обеспечения некорректируемой регистрации информации, не содержащей сведения, составляющих государственную тайну» ФСБ России от 23 сентября 2019 г. // [Электронный ресурс] URL: http://www.fsb.ru/files/fsbdoc/project_normakt/vipiska.doc Дата обращения: 18.09.2022.
4. Приказ ФСТЭК России от 11 февраля 2013 г. № 17 // [Электронный ресурс] URL: <https://fstec.ru/normotvorcheskaya/akty/53-prikazy/702> Дата обращения: 15.09.2022.
5. Приказ ФСТЭК России от 18 февраля 2013 г. № 21 // [Электронный ресурс] URL: <https://fstec.ru/normotvorcheskaya/akty/53-prikazy/691-prikaz-fstek-rossii-ot-18-fevralya-2013-g-n-21> Дата обращения: 15.09.2022.
6. Приказ ФСТЭК России от 14 марта 2014 г. № 31 // [Электронный ресурс] URL: <https://fstec.ru/normotvorcheskaya/akty/53-prikazy/868-prikaz-fstek-rossii-ot-14-marta-2014-g-n-31> Дата обращения: 15.09.2022.
7. «Банк данных угроз безопасности ФСТЭК России» // [Электронный ресурс] URL: <https://bdu.fstec.ru/threat-section> Дата обращения: 17.09.2022.

8. «Best Data Protection Solutions: our top picks» // [Электронный ресурс] URL: <https://cybernews.com/resources/best-data-protection-solutions/> Дата обращения: 20.10.2022.
9. «Как оценить, надежно ли защищено облако?» // [Электронный ресурс] URL: <https://www.itsec.ru/articles/kak-ocenit-nadezhno-li-zashchishcheno-oblako> Дата обращения: 05.09.2022.
10. «Информационная безопасность облаков» // [Электронный ресурс] URL: <https://www.itsec.ru/articles/informacionnaya-bezopasnost-oblakov> Дата обращения: 05.09.2022
11. «Сравнение Cloud-Native подходов к обеспечению безопасности облачных сервисов» // [Электронный ресурс] URL: <https://www.itsec.ru/articles/sravnenie-cloud-native-podhodov-k-obespecheniyu-bezopasnosti-oblachnyh-servisov> Дата обращения: 11.09.2022.
12. «Разница между Iaas, Paas и Saas» // [Электронный ресурс] URL: <https://mcs.mail.ru/blog/raznica-mezhdu-iaas-paas-saas-statya-ob-oblakah-v-internete> Дата обращения: 15.09.2022.
13. «Облачно, возможны осадки в виде атак» // [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/post/533144/> Дата обращения: 19.09.2022.
14. «Что такое безопасность облака?» // [Электронный ресурс] URL: <https://www.kaspersky.ru/resource-center/definitions/what-is-cloud-security> Дата обращения: 19.09.2022.
15. «Безопасность в облаках. Изучаем безопасность облачных сервисов на примере инфраструктуры Яндекс» // [Электронный ресурс] URL: <https://xaker.ru/2019/08/14/yandex-cloud/> Дата обращения: 19.09.2022.
16. «Защита инфраструктуры облачных платформ Cloud» // [Электронный ресурс] URL: https://docs.sbercloud.ru/overview/security-introduction/topics/architecture-principles__infrastruture-protection.html Дата обращения: 23.09.2022.
17. «Решения для обеспечения безопасности облака» // [Электронный ресурс] URL: <https://www.microsoft.com/ru-ru/security/business/solutions/cloud-security> Дата обращения: 23.09.2022.
18. «Кибербезопасность в облачной среде. CASB и другие технологии» // [Электронный ресурс] URL: <https://cloud.softline.ru/news/article/kiberbezopasnost-v-oblachnoj-srede/> Дата обращения: 02.10.2022.
19. «Защита облачных сервисов и приложений» // [Электронный ресурс] URL: <https://www.it-world.ru/cionews/security/149716.html> Дата обращения: 02.10.2022.
20. «Защита сред в публичном облаке: как не попасть в заголовки новостей» // [Электронный ресурс] URL: <https://www.securitylab.ru/analytics/514108.php> Дата обращения: 02.10.2022.

© Высотин Олег Валерьевич (visotin@mail.ru), Высотин Андрей Олегович (visotin_andrey@mail.ru),
Кулешов Алексей Игоревич (kuleshovai@student.bmstu.ru), Федорова Вероника Анатольевна (bmstukf@mail.ru),
Зеленцова Екатерина Валентиновна (katez@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА КАЛЬКУЛЯТОРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

DEVELOPMENT OF A CALCULATOR FOR SOLVING SYSTEMS OF LINEAR ALGEBRAIC EQUATIONS

M. Georgieva
A. Ksenofontov
O. Blieva
F. Dзамikhova
B. Ezaova
D. Tlepshева

Summary. Solving systems of linear algebraic equations is one of the main problems of linear algebra. This work is very important for solving scientific and technical problems, in addition, it is auxiliary in the implementation of many algorithms of computational mathematics, mathematical physics, and processing of experimental results.

That is why the development of a program that solves SLAE is an important step in solving this problem. The use of this program in solving problems will not only increase the accuracy of calculations, but also significantly reduce their time.

Keywords: linear analysis, dynamical systems, algebraic equations, calculator

Целью данной работы являлась разработка прикладной программы, обеспечивающей вычисление СЛАУ методом Гаусса, Крамера или методом прогонки.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи [1–5]:

- ♦ изучить математическую составляющую вопроса, проанализировать формулы и законы, рассмотреть частные случаи;
- ♦ разработать оптимальную схему взаимодействия «пользователь — система», разработать способы

Георгиева Марьяна Альбековна
 Ст. преподаватель, КБГУ им. Х. М. Бербекова
 г. Нальчик
 maryana.g@list.ru

Ксенофонтов Александр Семенович
 КБГУ им. Х. М. Бербекова, г. Нальчик
 a_ksenofontov@mail.ru

Блиева Оксана Зауровна
 Диспетчер дирекции ИИЭУР, КБГУ им. Х. М. Бербекова,
 г. Нальчик
 roksy_85@mail.ru

Дзамихова Фатимат Хасеновна
 Преподаватель, КБГУ им. Х. М. Бербекова (г. Нальчик)
 taft80@mail.ru

Езаова Бэлла Заурбиевна
 Магистрант, КБГУ им. Х. М. Бербекова, г. Нальчик
 alena_ezaova@mail.ru

Тлепшева Диана Ануаровна
 КБГУ им. Х. М. Бербекова, г. Нальчик
 tlepshieva@list.ru

Аннотация. Решение систем линейных алгебраических уравнений является одной из основных задач линейной алгебры. Эта работа очень важна для решения научно-технических задач, кроме того, она является вспомогательной при реализации многих алгоритмов вычислительной математики, математической физики, обработке экспериментальных результатов.

Именно поэтому разработка программы, выполняющей решение СЛАУ, является важным шагом для решения данной проблемы. Применение данной программы при решении задач не только повысит точность вычислений, но и значительно сократит их время.

Ключевые слова: линейный анализ, динамические системы, алгебраические уравнения, калькулятор.

ввода данных и отображения результатов вычислений;

- ♦ построить примерную блок-схему программы;
- ♦ реализовать программное обеспечение приложения;
- ♦ получить и проанализировать результаты проделанной работы.

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

- ♦ Начать — запускается основная часть программы;

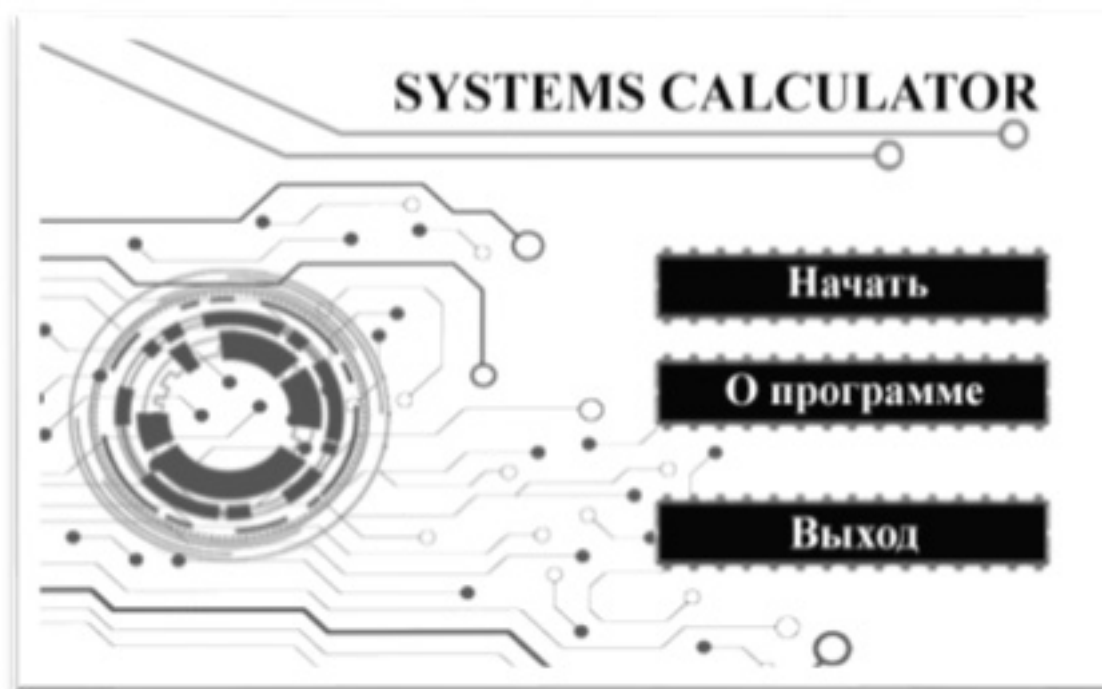


Рис. .1 Главное меню

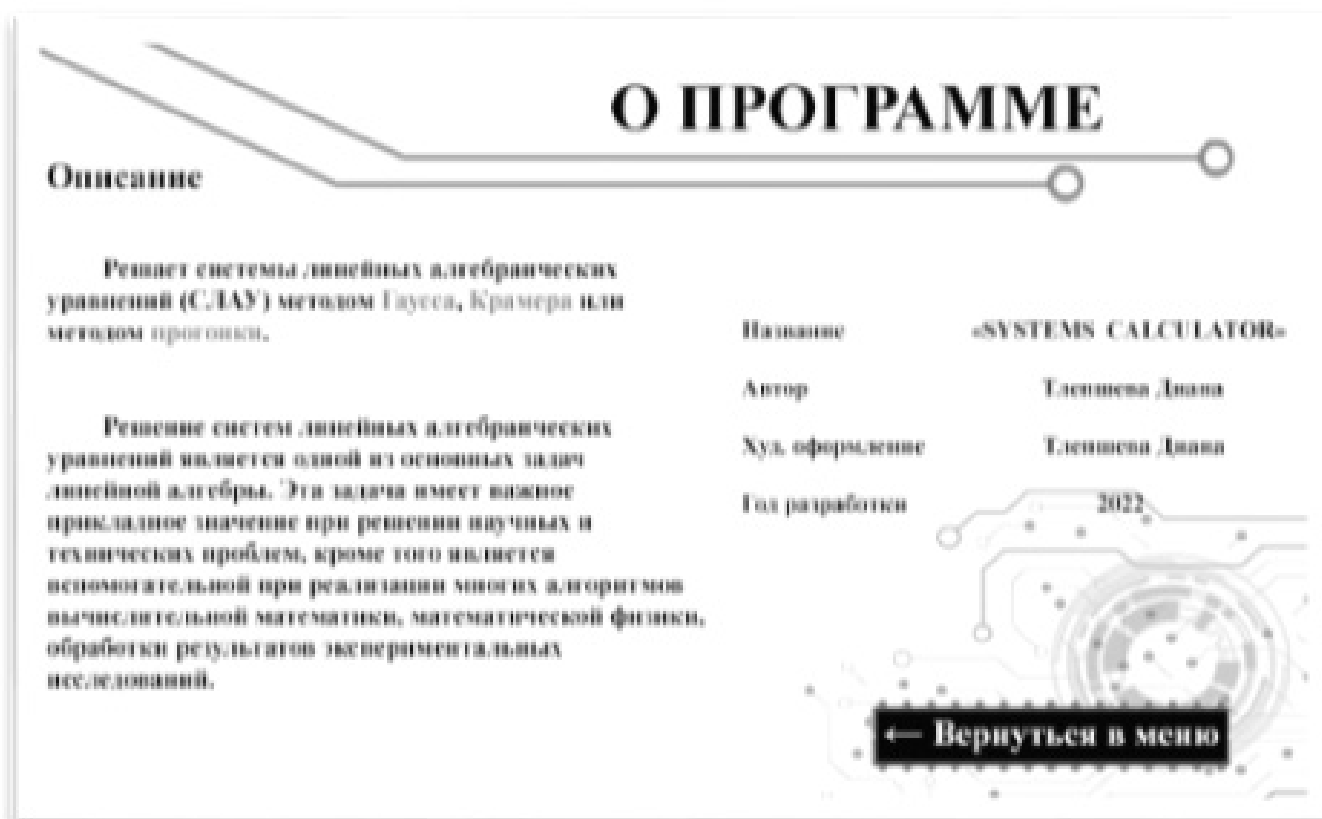


Рис. 2. О программе

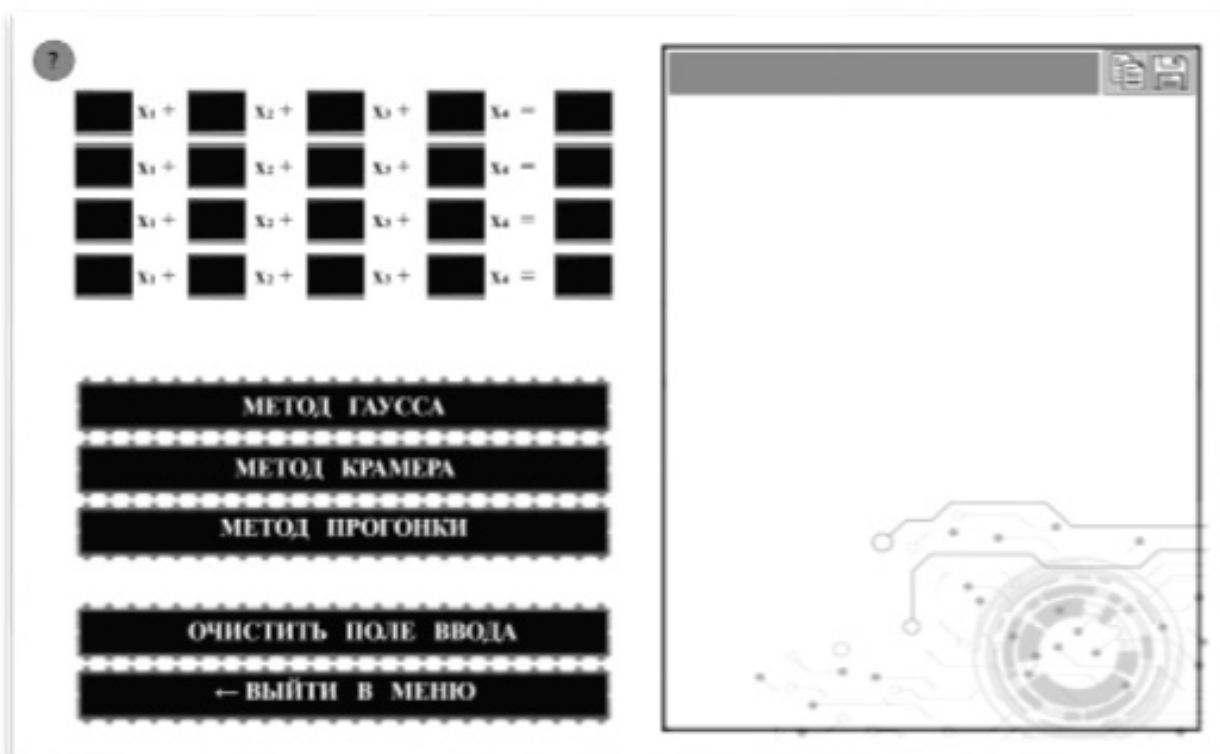


Рис. 3. Основной экран

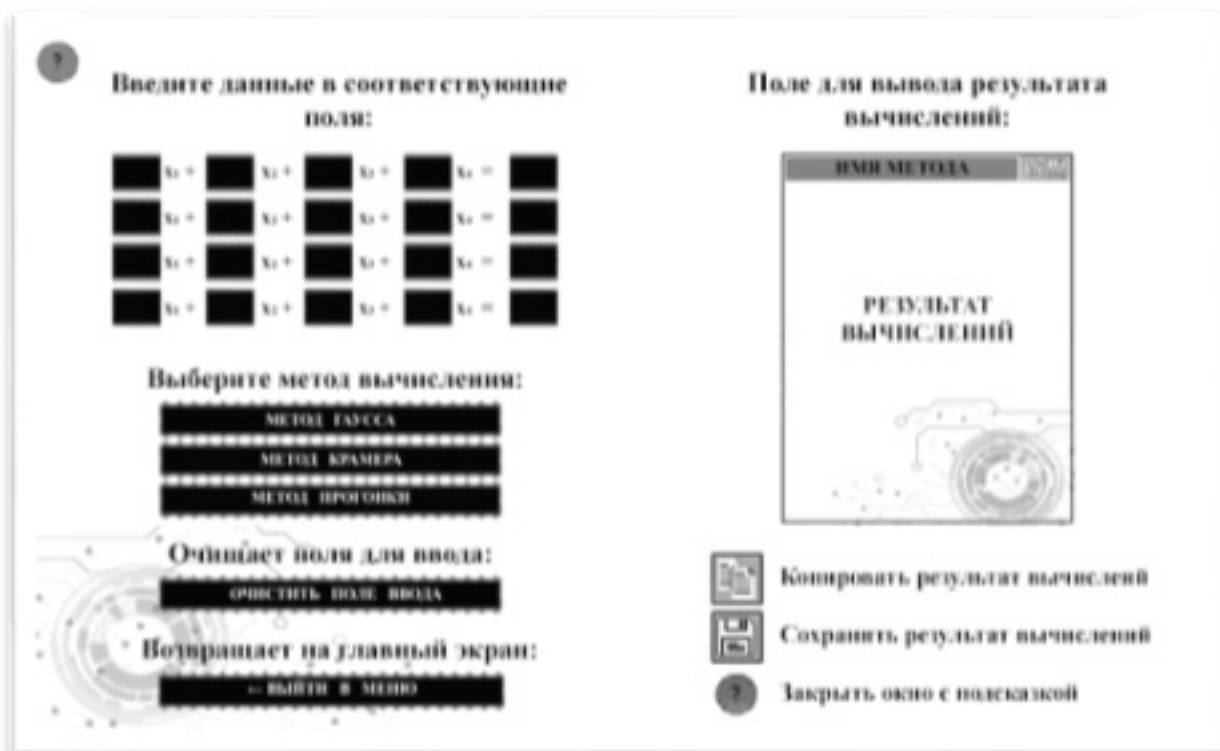


Рис. 4. Подсказка

- ♦ О программе — открывает раздел с описанием данной программы;
- ♦ Выход — завершает работу программы.

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

Решение систем линейных алгебраических уравнений осуществляется методом Гаусса, Крамера или методом прогонки.

Системой линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) называется объединение n линейных уравнений, каждое из которых содержит k переменных:

Все прямые методы основаны на том, что исходная система приводится к эквивалентной, но имеющей более простую форму системе, которую легче решать.

В отличие от прямых методов, итерационные методы могут давать точное решение системы лишь как результат единообразного процесса итераций. Методы порождают последовательность приближенных решений (), и исходная матрица участвует лишь в матрично-векторном умножении. При оценке качества итерационного процесса самым важным вопросом является сходимость полученной последовательности векторов к решению системы и скорость этой сходимости. Не лишним здесь будет и свойство самоисправляемости таких методов. Это свойство делает их менее чувствительными по сравнению с точными методами к отдельным ошибкам, допущенным при вычислениях.

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

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

На рисунке 4 изображена вкладка с подсказкой:

1. Метод Гаусса

Алгоритм метода Гаусса состоит из двух этапов. Первый этап называется **прямым ходом** метода и заключается в приведении матрицы системы к треугольному виду по формулам:

$$k = 1, 2, \dots, n - 1$$

$$a_{ij} := a_{ij} - \frac{a_{ik}}{a_{kk}} a_{kj}, j = k, k + 1, \dots, n;$$

$$b_i := b_i - \frac{a_{ik}}{a_{kk}} b_k, i = k + 1, k + 2, \dots, n;$$

Таким образом, выполнив $(n-1)$ шаг, мы получим систему с верхней треугольной матрицей, причем эта система эквивалентна исходной, а элемент a_{kk} , на который происходит деление, называется **ведущим элементом** на k -м шаге.

Решение системы с треугольной матрицей выписывается явно и называется обратным ходом метода Гаусса:

$$x_k := \frac{b_k - \sum_{j=k+1}^n a_{kj} x_j}{a_{kk}}, k = n, n - 1, \dots, 1$$

Эти формулы имеют смысл, если только все ведущие элементы отличны от нуля: $a_{kk} \neq 0$. Но эти ограничения обременительны, поэтому применяется метод Гаусса с выбором главного элемента.

На первом шаге среди всех элементов первого столбца находим максимальный по модулю элемент:

$$|a_{k1}| = \max_{1 \leq i < n} |a_{i1}|$$

Далее k -ю строку меняем с первой строкой места, при этом найденный максимальный элемент станет ведущим элементом, и он отличен от нуля. Выполняем первый шаг метода Гаусса, то есть обнуляем все элементы первого столбца под ведущим элементом. Далее ищем максимальный по модулю элемент среди a_{i2} , где $2 \leq i \leq n$.

Следующие шаги делаются аналогично, и всегда максимальный по модулю элемент будет отличен от нуля. Если $\det A \neq 0$, то все ведущие элементы, полученные методом Гаусса с выбором главного элемента, будут отличны от нуля. Поэтому ни на каком шаге деления на ноль не будет. И наоборот, если на каком-то шаге найденный максимальный по модулю элемент окажется равным нулю, то это указывает, что определитель исходной матрицы был равен нулю. Точность результатов будет определяться точностью выполнения арифметических операций при преобразовании элементов матрицы.

Замечание. Вместо максимального по модулю элемента можно использовать любой ненулевой элемент. Но поскольку происходит деление на этот элемент, то лучше всего использовать максимальный, что даст минимальную погрешность.

На рисунке 5 показан результат работы программы при выборе метода Гаусса:

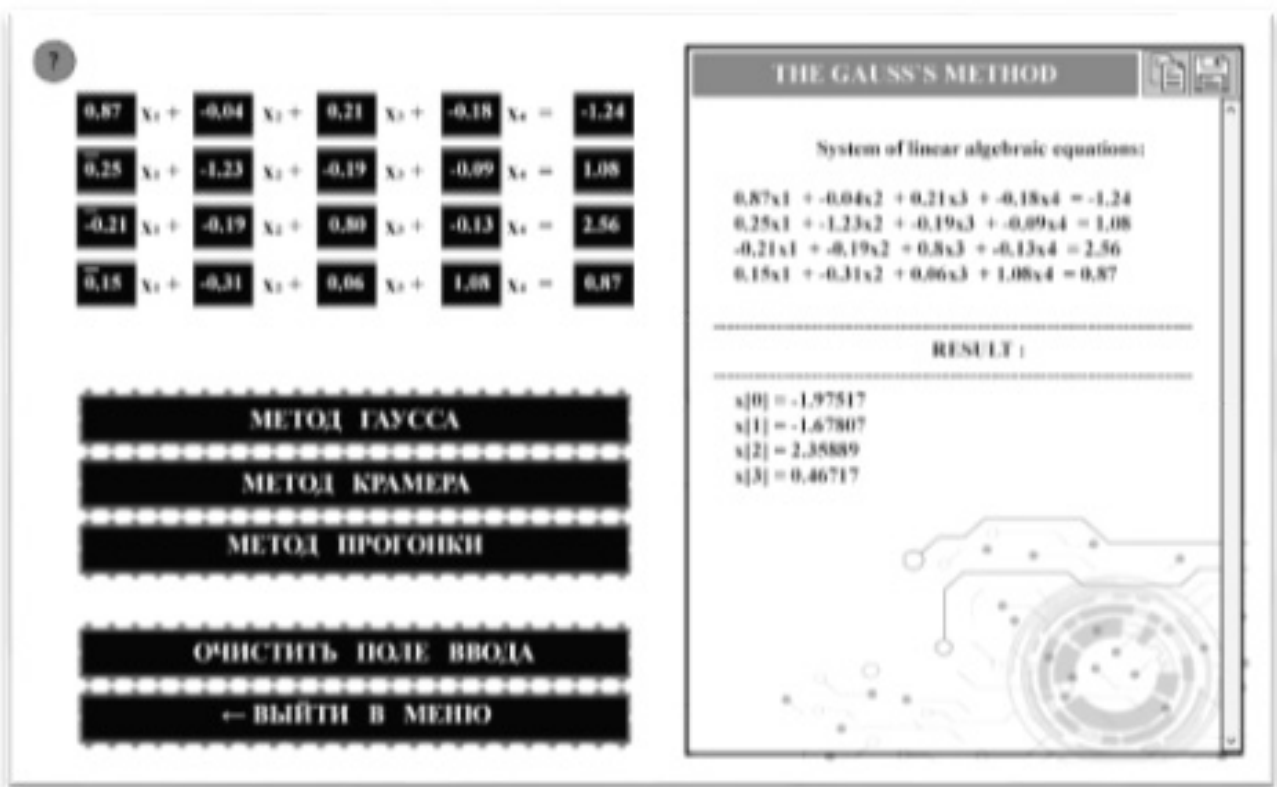


Рис. 5. Результат вычислений методом Гаусса

2. Метод Крамера

Метод Крамера основывается на использовании определителей в решении СЛАУ, что значительно ускоряет процесс решения.

Метод Крамера предназначен для решения системы ненулевых линейных алгебраических уравнений, где число неизвестных переменных равно числу уравнений и определителю базовой матрицы.

Пусть дана СЛАУ следующего вида:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2 \\ \vdots \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n = b_n \end{cases}$$

Система содержит неизвестные переменные x_1, x_2, \dots, x_n , числовые коэффициенты $a_{ij}, i = \overline{1, n}$ и свободные члены b_1, b_2, \dots, b_n .

Решением такой СЛАУ является набор значений x_1, x_2, \dots, x_n , при которых все уравнение системы становятся тождествами.

Данная система может быть представлена в следующем матричном виде:

$$AX = B, \text{ где } A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} —$$

основная матрица системы, состоящая из коэффициентов при неизвестных;

$$B = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{pmatrix} —$$

матрица-столбец свободных членов;

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} —$$

матрица-столбец неизвестных переменных.

В результате вычислений матрица X становится решением СЛАУ, а равенство $AX = B$ — тождеством.

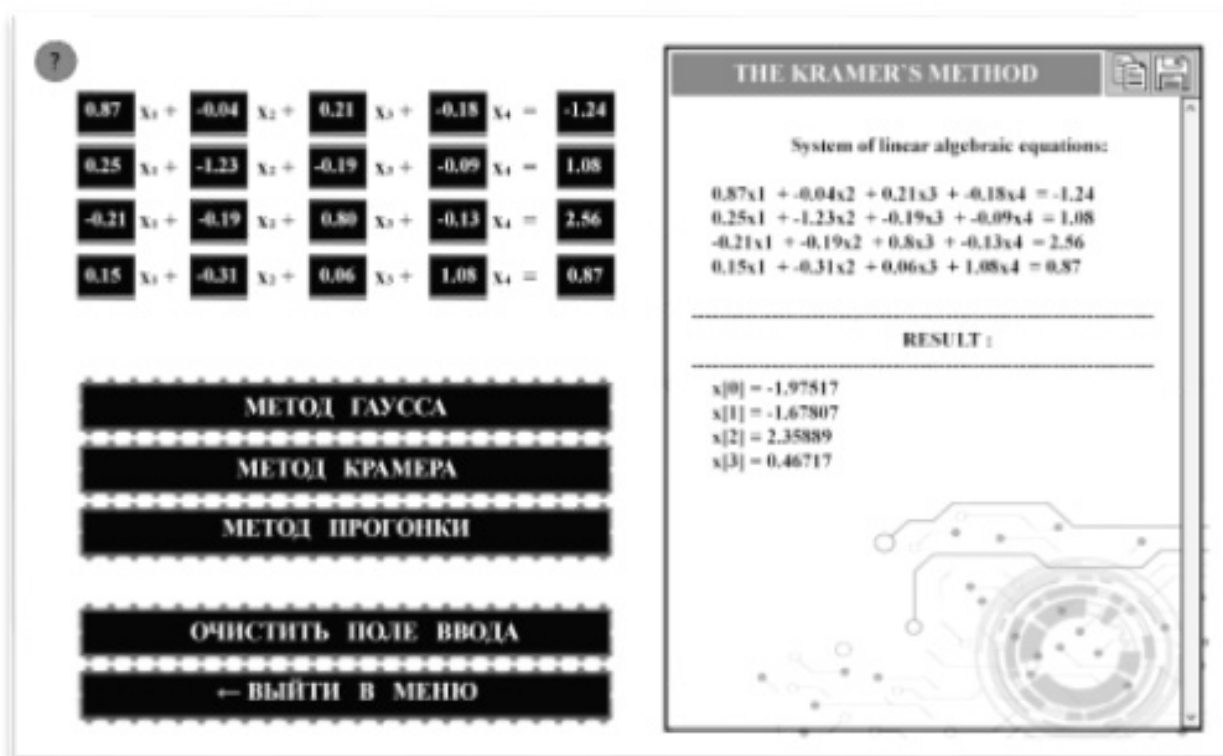


Рис. 6. Результат вычислений методом Крамера

В основе метода Крамера лежат 2 свойства:

- ♦ определитель $n \times n$ квадратной матрицы $A = \|a_{ij}\|, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n}$ равняется сумме произведений элементов какой-либо строки (столбца) на их алгебраические дополнения:

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix} =$$

$$= a_{p1} * A_{p1} + a_{p2} * A_{p2} + \dots + a_{pn} * A_{pn} = a_{1q} * A_{1q} + a_{2q} * A_{2q} + \dots + a_{nq} * A_{nq}$$

- ♦ сумма произведений какой-либо строки(столбца) определителя на соответствующие алгебраические дополнения элементов любой другой строки (столбца) равна нулю:

$$a_{p1} * A_{p1} + a_{p2} * A_{p2} + \dots + a_{pn} * A_{pn} = 0$$

$$a_{1q} * A_{1q} + a_{2q} * A_{2q} + \dots + a_{nq} * A_{nq} = 0$$

$$p = \overline{1, n}, q = \overline{1, n}, p \neq q$$

Умножаем уравнения системы на соответствующие алгебраические дополнения 1-го столбца матрицы A:

$$\begin{cases} A_{11}a_{11}x_1 + A_{11}a_{12}x_2 + \dots + A_{11}a_{1n}x_n = A_{11}b_1 \\ A_{21}a_{21}x_1 + A_{21}a_{22}x_2 + \dots + A_{21}a_{2n}x_n = A_{21}b_2 \\ \vdots \\ A_{n1}a_{n1}x_1 + A_{n1}a_{n2}x_2 + \dots + A_{n1}a_{nn}x_n = A_{n1}b_n \end{cases}$$

Теперь необходимо сложить все левые части уравнений системы, сгруппировав слагаемые при неизвестных переменных, а затем приравнять получившуюся сумму к сумме всех правых частей уравнения:

$$x_1(A_{11}a_{11} + A_{21}a_{21} + \dots + A_{n1}a_{n1}) + x_2(A_{11}a_{12} + A_{21}a_{22} + \dots + A_{n1}a_{n2}) + \dots + x_n(A_{11}a_{1n} + A_{21}a_{2n} + \dots + A_{n1}a_{nn}) = A_{11}b_1 + A_{21}b_2 + \dots + A_{n1}b_n$$

Из свойств определителя следует, что:

$$A_{11}a_{11} + A_{21}a_{21} + \dots + A_{n1}a_{n1} = |A|$$

$$A_{11}a_{12} + A_{21}a_{22} + \dots + A_{n1}a_{n2} = 0$$

⋮

$$A_{11}a_{1n} + A_{21}a_{2n} + \dots + A_{n1}a_{nn} = 0$$

$$A_{11}b_1 + A_{21}b_2 + \dots + A_{n1}b_n = \begin{vmatrix} b_1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ b_2 & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_n & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

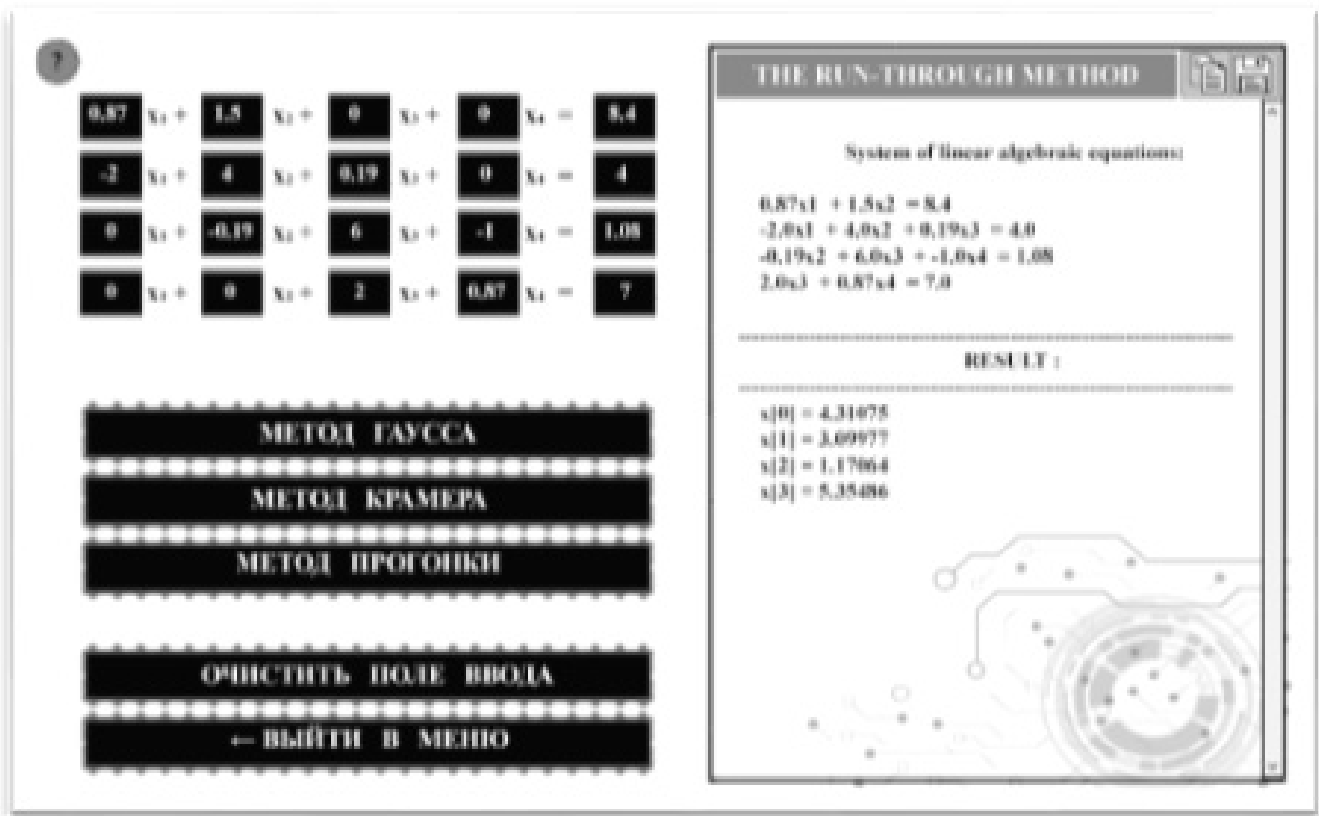


Рис. 7. Результат вычислений методом прогонки

Предыдущее равенство принимает вид:

$$x_1 * |A| = \begin{vmatrix} b_1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ b_2 & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_n & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

Из этого мы получаем $x_1 = |A|$.

Подобным образом выводим оставшиеся неизвестные переменные системы. Для удобства введем следующие обозначения:

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}, \Delta_{x1} = \begin{vmatrix} b_1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ b_2 & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_n & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix},$$

$$\Delta_{x2} = \begin{vmatrix} a_{11} & b_1 & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & b_2 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & b_n & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}, \dots, \Delta_{xn} = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & \dots & b_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & b_n \end{vmatrix}$$

С их помощью мы получаем формулы Крамера для решения СЛАУ:

$$x_1 = \frac{\Delta_{x1}}{\Delta}, x_2 = \frac{\Delta_{x2}}{\Delta}, \dots, x_n = \frac{\Delta_{xn}}{\Delta}$$

Замечание. Тривиальное решение ($x_1 = x_2 = \dots = x_n = 0$ при $A \neq 0$) может получиться только в том случае, если система уравнений является однородной ($b_1 = b_2 = \dots = b_n = 0$). В таком случае определители будут равняться нулю, т.к. в них содержится столбец с нулевыми элементами.

На рисунке 6 показан результат работы программы при выборе метода Крамера:

3. Метод прогонки

Метод прогонки является частным случаем метода Гаусса и применяется для решения систем линейных уравнений с **трёхдиагональной матрицей**. Это вариант метода последовательного исключения неизвестных.

Система уравнений $Ax = F$, где A — трёхдиагональная матрица, равноценна соотношению:

$$A_i x_{i-1} + C_i x_i + B_i x_{i+1} = F_i$$

	A	B	C	D	E	F	G
1	-----						
2	THE RUN-THROUGH METHOD						
3	-----						
4							
5	System of linear algebraic equations:						
6							
7	0.87x1 + 1.5x2 = 8.4						
8	-2.0x1 + 4.0x2 + 0.19x3 = 4.0						
9	-0.19x2 + 6.0x3 + -1.0x4 = 1.08						
10	2.0x3 + 0.87x4 = 7.0						
11							
12	-----						
13	RESULT :						
14	-----						
15							
16		x[0]	4.31075				
17		x[1]	3.09977				
18		x[2]	1.17064				
19		x[3]	5.35406				

Рис. 8. Сохранение в файл

Данный метод базируется на предположении, что неизвестные, которые необходимо найти, связаны соотношением:

$$x_i = a_{i+1}x_{i+1} + \beta_{i+1}, \text{ где } i = n - 1, n - 2, \dots, 1.$$

Выразим x_{i-1} и x_i через x_{i+1} , а затем подставим в уравнение, используя соотношение:

$$(A_i a_i a_{i+1} + C_i a_{i+1} + B_i)x_{i+1} + A_i a_i \beta_{i+1} + A_i \beta_i + C_i \beta_{i+1} - F_i = 0,$$

где F_i — правая часть i -го уравнения.

При условии, что:

$$\begin{cases} A_i a_i a_{i+1} + C_i a_{i+1} + B_i = 0 \\ A_i a_i \beta_{i+1} + A_i \beta_i + C_i \beta_{i+1} - F_i = 0 \end{cases}$$

соотношение будет выполняться вне зависимости от решения.

Получаем:

$$\begin{cases} a_{i+1} = \frac{-B_i}{A_i a_i + C_i} \\ \beta_{i+1} = \frac{F_i - A_i \beta_i}{A_i a_i + C_i} \end{cases}$$

Из 1-го уравнения:

$$\begin{cases} a_2 = \frac{-B_1}{C_1} \\ \beta_2 = \frac{F_1}{C_1} \end{cases}$$

После нахождения прогоночных коэффициентов a и β , используя уравнение (2), получаем решение системы:

$$x_i = a_{i+1}x_{i+1} + \beta_{i+1}, i = \overline{n-1, 1}$$

$$x_n = \frac{F_n - A_n \beta_n}{A_n a_n + C_n}$$

Уравнение (1) равнозначно:

$$A'x = F'$$

С наддиагональной матрицей:

$$A' = \begin{pmatrix} C'_1 & B_1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & C'_2 & B_2 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C'_3 & B_3 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & C'_{n-1} & B_{n-1} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & C'_n \end{pmatrix}$$

Вычисление производится в 2 этапа. На 1-м — вычисляются компоненты матрицы C'_i и вектора F'_i , начиная с $i = 2$ до $i = n$

$$C'_1 = C_1$$

$$C'_i = C_i - \frac{A_i}{C'_{i-1}} B_{i-1}$$

и

$$F'_1 = F_1$$

$$F'_i = F_i - \frac{A_i}{C'_{i-1}} F_{i-1}$$

На 2-м этапе вычисляем решение для $i = n, n-1, \dots, 1$:

$$x_n = \frac{F'_n}{C'_n}$$

$$x_i = \frac{F'_i - B_i x_{i+1}}{C'_i}$$

Замечание. Для применимости формул метода прогонки достаточно свойства строгого диагонального преобладания у матрицы A .

На рисунке 7 показан результат работы программы при выборе метода прогонки:

На рисунке 8 показан результат сохранения в файл вычислений методом прогонки:

Подводя итоги, можно сказать, что была разработана и реализована программа, написанная на языке программирования Python, представляющая собой калькулятор для вычисления СЛАУ тремя различными методами. Таким образом, все поставленные задачи решены, и цель работы достигнута.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эрик Мэтиз. Изучаем Python. Программирование игр, визуализация данных, веб-приложения. Электронное издание.
2. Н.В. Гредасова, М. А. Корешникова. Линейная алгебра. Электронное издание.
3. Георгиева М.А., Георгиева И. А., Арванова С. М., Чочиева А. М., Лосанов Х. Х., Тлепшева Д. А. Обучающая система на основе чат-бота // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. — 2022. -№ 08. -С. 68–73
4. Георгиева М.А., Езаова А. Г., Блиева О. З., Арванова С. М., Георгиева И. А., Хамдохова Х. Р. Разработка калькулятора для систем ОДУ 1-го порядка // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. — 2022. -№ 03/2. -С. 39–44

© Георгиева Марьяна Альбековна (maryana.g@list.ru), Ксенофонтов Александр Семенович (a_ksenofontov@mail.ru),
 Блиева Оксана Зауровна (roksy_85@mail.ru), Дзамихова Фатимат Хасеновна (taft80@mail.ru),
 Езаова Бэлла Заурбиевна (alena_ezaova@mail.ru), Тлепшева Диана Ануаровна (tiepshieva@list.ru).
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223–2966.2023.01.11

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ТИПОВОГО ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТА, РЕАЛИЗУЕМОГО В РАМКАХ ПРОГРАММЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АГРАРНО-ПРОМЫШЛЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ РЕСПУБЛИКИ ЮЖНАЯ ОСЕТИЯ

QUANTITATIVE ASSESSMENT
OF A DEADLINE FOR A TYPICAL
INFORMATION TECHNOLOGY PROJECT
IMPLEMENTED WITHIN THE FRAMEWORK
OF THE DIGITAL TRANSFORMATION
OF THE REPUBLIC OF SOUTH
OSSETIA AGRICULTURAL
AND INDUSTRIAL COMPLEX

**A. Glazkov
I. Dzhioeva
G. Rytikov**

Summary. The paper is devoted to the quantitative assessment of the duration of the implementation of a typical information technology project, which is a modular element of the program of adaptation to modern realities in the field of information technology of the national information management system of the agricultural and industrial complex of the Republic of South Ossetia (RSO). Based on the analysis of various sources of information, a register of project operations and an hierarchical system of project operations were formed. The application of the critical path method made it possible to establish the most likely time period for the implementation of a typical project.

Keywords: republic of South Ossetia, agricultural and industrial complex, digital transformation, project management, critical path method.

Глазков Алексей Владимирович
Старший преподаватель, ФГБОУ ВО
«Государственный университет управления», г. Москва
Джиоева Ирина Константиновна
К.э.н., доцент
Юго-Осетинского государственного университета
им. А.А. Тбилилова, г. Цхинвал, Республика Южная
Осетия
Рытиков Георгий Олегович
Канд. физ.-мат. наук, доцент, генеральный
директор ООО «Импакт Электроникс», г. Москва
GR-yandex@yandex.ru

Аннотация. Работа посвящена количественной оценке продолжительности реализации типового информационно-технологического проекта, являющегося модульным элементом программы адаптации к современным реалиям в области информационных технологий национальной информационной системы управления аграрно-промышленным комплексом (АПК) Республики Южная Осетия (РЮО). На основании анализа различных источников информации были сформированы реестр проектных операций и иерархическая система проектных работ. Применение метода критического пути позволило установить наиболее вероятный срок реализации типового проекта.

Ключевые слова: республика Южная Осетия, аграрно-промышленный комплекс, цифровая трансформация, управление проектами, метод критического пути.

Введение

Необходимым условием успешной реализации программы цифровой трансформации [1–3] аграрно-промышленного комплекса (АПК) [4–6] Республики Южная Осетия (РЮО) [7–8] является создание эффективной методологии и информационной системы поддержки процессов генерации, управления и экспертизы результатов информационно-технологических проектов [10–13], нацеленных на внедрение ап-

паратно-программных комплексов, широко применяющих технологии беспроводных коммуникаций [14–16], интернета вещей [17–19] и искусственных нейронных сетей [20–22] для модернизации информационно-технологической архитектуры [23–25] и бизнес-процессов [26–28] сельскохозяйственных и связанных с ними перерабатывающих предприятий.

Совокупность частных IT-решений, позволяющих при внедрении увеличивать инвестиционную привле-

кательность организаций АПК [29–31] и обеспечивающих возможность разработки ИС предприятия «на заказ» в соответствии с модульным принципом [32–34], позволяет модернизировать как элементы IT-инфраструктуры, так и отдельные бизнес-процессы стейкхолдеров [35–37]. В частности, внедрение единой методологии управления информационно-технологическими проектами [38–40] позволяет оценивать разрабатываемые частными компаниями [41–43] в интересах предприятий АПК РЮО информационные системы [44–46] мониторинга и управления производственными, логистическими и бизнес-процессами с помощью универсальной системы критериев [47–49].

При планировании масштабных мероприятий в области цифровой трансформации [50–52] и экспертизе предлагаемых рынком информационно-технологических решений [53–56] необходимы хотя бы приближённые оценки сроков достижения командами потенциальных исполнителей локальных, операционных и тактических проектных целей [57–60].

Методология

В соответствии с ГОСТ 34.601–90 «Автоматизированные системы. Стадии создания», являющимся российским аналогом международного стандарта PMBoK, основные этапы реализации информационно-технологического проекта должны содержать: а) сбор данных и формирование задач; б) процесс разработки; в) тестирование; и г) сопровождение.

На стадии «Сбор данных и формирование задач» осуществляется получение всей необходимой информации о состоянии информационно-технологического рынка, на котором планируется размещение релиза. В данном случае, основу комьюнити пользователей разрабатываемой проблемно-ориентированной информационной системы составят обучающиеся Юго-Осетинского Государственного Университета им. А.А. Тибилова и школ Республики Южная Осетия, т.к. основной движущей силой цифровизации во всем мире признан сегмент населения в возрасте от 12 до 25 лет.

На стадии «Процесс разработки» осуществляется создание единой модели данных, формирование проблемно-ориентированной базы данных, проектирование и прототипирование сайта и мобильных приложений проекта. Также на данном этапе при необходимости может быть осуществлена дозакупка необходимого для реализации проекта оборудования и материалов (серверов, коммуникационных устройств, сетевых кабелей и др.).

На стадии «Тестирование» производится тестирование и отладка приложений на всех платформах, а также

осуществляется подготовка релизной версии базового IT-продукта.

На стадии «Сопровождение» осуществляется поддержка его эксплуатации членами комьюнити, исправляются обнаруженные ошибки и формируется необходимый образовательный контент. В силу значительной неопределённости сценария развития событий и учитываемые особенности итеративной методологии управления проектами на данном этапе детальное календарное планирование процессов тестирования и сопровождения целесообразным не является (соответствующие организационно-экономические процедуры будут выполнены при завершении второго этапа реализации проекта).

Основная часть

Для обоснования продолжительностей реализации этапов, процедур и отдельных работ по проекту использовались классические методы дисперсионного анализа данных и техники анализа текстовой информации, представленной на проблемно-ориентированных сайтах в глобальной телекоммуникационной сети Internet.

Согласно информации, представленной на сайте <http://www.cmsmagazine.ru/library/items/management/what-are-real-time-development-of-site/>, продолжительность разработки Web-сайта (включая мобильную версию) оценивается в 57 дней. Однако среди обсуждаемых 5 этапов (подготовка ТЗ, подготовка контента, подготовка набросков, разработка макетов, верстка и программирование, тестирование и публикация) в данном проекте фактически рассматриваются только «подготовка набросков», «разработка макетов» и «верстка и программирование», вследствие чего продолжительность создания сайта без «лишних» операций составляет ~27 дней. На сайте <http://www.melius.ru/web/time/> указано, что создание web-сайта с готовыми ТЗ и базой данных занимает от 20 до 30 дней. Создатели сайта http://www.webdom.net/inf/sroki_sozdaniya_sajta предлагают свои услуги по созданию «крупного» сайта за 30 дней. На интернет-ресурсе <http://www.yesson.ru/blogs/news/vremya-razrabotki/> продолжительность процедуры создания сайта-каталога также оценивается в 30 дней. Наконец, используя услуги разработчиков <http://www.elenagray.ru/etapy-i-sroki-sozdaniya-sajta.html>, можно получить готовый сайт в течение 20 дней.

В соответствии с материалами сайта <https://vc.ru/p/app-creation-time> большинство сервисов для разработки мобильных приложений обеспечивают создание приложений средней сложности для нескольких платформ за 3 месяца. Учитывая то, что в рамках про-

Таблица 1. Реестр продолжительностей реализации проектных операций.

№ п/п	Название этапов, процедур и операций		Продолжительность реализации, раб. дни
1	Сбор данных и формулирование задач		36
1.1	*	Бизнес-анализ целевого рынка	13
1.1.1		Изучение продукции конкурентов	5
1.1.2		Проведение опроса потенциальных потребителей	5
1.1.3		Количественная оценка бюджета и рисков проекта	3
1.2	Создание технического задания		23
1.2.1		Формулирование основных целей	3
1.2.2		Поиск специалистов и оформление договоров	15
1.2.3		Формирование рабочих групп и постановка задач	5
2	Процесс разработки		56
2.1	Создание системы управления данными		30
2.1.1		Создание единой дизайн-концепции	15
2.1.2		Концептуальное проектирование базы данных	5
2.1.3		Физическое проектирование базы данных	10
2.1.4		Разработка серверной части	5
2.1.5		Сбор групп разработки и постановка сроков	4
2.2	Разработка Web-сайта		26
2.2.1		Интеграция дизайна с учётом дизайн-концепции	5
2.2.2		Создание системы управления контентом	7
2.2.3		Вёрстка макетов web-страниц	4
2.2.4		Наполнение сайта первичным контентом	3
2.2.5		Синхронизация с сервером	3
2.2.6		Создание мобильной версии сайта	10
2.3	Разработка мобильного приложения для Android		15
2.3.1		Проектирование UI/UX	5
2.3.2		Отрисовка пользовательских экранов	5
2.3.3		Осуществление синхронизации с сервером	5
2.4	Разработка мобильного приложения для IOS		15
2.4.1		Проектирование UI/UX	5
2.4.2		Отрисовка пользовательских экранов	5
2.4.3		Осуществление синхронизации с сервером	5
2.5	Разработка мобильного приложения для Windows Phone		15
2.5.1		Проектирование UI/UX	5
2.5.2		Отрисовка пользовательских экранов	5
2.5.3		Осуществление синхронизации с сервером	5
3	Тестирование		15
3.1	Альфа-тестирование IT-сервиса		5
3.1.1		Модульное тестирование компонент	2
3.1.2		Блочное тестирование коммуникаций	2
3.1.3		Интеграционное тестирование	1
3.2	Бета-тестирование IT-сервиса		10
3.2.1		Проведение рекламной кампании в соцсетях	5
3.2.2		Проведение рекламной кампании в Internet	5
3.2.3		Формирование первичного комьюнити	5
4	Сопровождение		15
4.0.1		Создание пострелизной версии	7
4.0.2		Создание службы поддержки	3
4.0.3		Разработка образовательного контента	5

Таблица 2. Расписание реализации комплексного проекта.

	Индекс проектной процедуры	Индекс предшествующей предшествующей	Продолжительность реализации процедуры	Продолжительность реализации процедуры
НАЧАЛО	-	-	0	0
Бизнес-анализ целевого рынка	A	-	13	13
Создание технического задания	B	A	23	36
Создание системы управления данными	C	B	30	66
Разработка Web-сайта	D	C	26	96
Разработка мобильного приложения для Android	E	C	15	81
Разработка мобильного приложения для IOS	F	C	15	81
Разработка мобильного приложения для Windows Phone	G	C	15	81
Альфа-тестирование IT-сервиса	H	D, E, F, G	5	101
Бета-тестирование IT-сервиса	I	H	10	111
Создание пострелизной версии	J	H	7	108
Создание службы поддержки	K	I, J	3	114
Разработка образовательного контента	L	J, K	5	119
ОКОНЧАНИЕ	M	L	0	119
ИТОГО: наиболее вероятная продолжительность реализации проекта составляет ~120 рабочих дней				

Для начального события: $i=1: t^p(1)=0.$

$$i=2: t^p(2) = t^p(1) + t(1,2) = 0 + 13 = 13.$$

$$i=3: t^p(3) = t^p(2) + t(2,3) = 13 + 23 = 36.$$

$$i=4: t^p(4) = t^p(3) + t(3,4) = 36 + 30 = 66.$$

$$i=5: t^p(5) = t^p(4) + t(4,9) = 66 + 30 = 96.$$

$$i=6: t^p(6) = t^p(4) + t(5,9) = 66 + 15 = 81.$$

$$i=7: t^p(7) = t^p(4) + t(6,9) = 66 + 15 = 81.$$

$$i=8: t^p(8) = t^p(4) + t(7,9) = 66 + 15 = 81.$$

$$i=9: \max(t^p(4) + t(4,9); t^p(5) + t(5,9); t^p(6) + t(6,9); t^p(7) + t(7,9)) = 101.$$

$$i=10: t^p(10) = t^p(9) + t(9,10) = 101 + 10 = 106.$$

$$i=11: t^p(11) = t^p(9) + t(9,11) = 101 + 7 = 103.$$

$$i=12: \max(t^p(10) + t(10,12); t^p(11) + t(11,12)) = 109.$$

$$i=13: \max(t^p(11) + t(11,13); t^p(12) + t(12,13)) = 119.$$

Рис. 1.

екта планируется параллельная разработка мобильных приложений для нескольких типовых платформ, для каждой из них протяженность соответствующих процедур составит не более календарного месяца, т.е. 22 рабочих дней, из которых примерно неделя уходит на разработку ТЗ, общение с заказчиком и тестирова-

ние. Так, например, <http://wnfx.ru/> предлагает услуги по разработке приложения в среднем за 5 недель (25 рабочих дней), 7 дней из которых уходят на процедуры согласования и тестирования. Создатели сервиса http://appcraft.pro/portal/time_frame/ оценивают продолжительность создания мобильного приложения,

пригодного для использования на двух платформах, в 2 месяца. На сайтах <https://eski.mobi/promo/mobilize/> и <https://clover.by/mobile/> указано, что непосредственно процедура создания профессионального мобильного приложения занимает 16–18 дней.

Согласно уже упомянутым выше источникам длительность формирования корректно оформленного ТЗ оценивается сроками в 2–3 рабочих дня. Обоснование времени, которое необходимо потратить на поиск необходимых специалистов, в общем случае нормированию не поддается. Процедуры бизнес-анализа обычно осуществляются за 11–15 рабочих дней.

Принимая во внимание вышеизложенное, был сформирован реестр проектных работ и продолжительностей реализации проектных операций (табл. 1)

В качестве основного инструмента планирования расписания комплексного проекта использовался метод критического пути. В основе метода лежит определение наиболее длительной последовательности задач от начала проекта до его завершения с учетом всех взаимосвязей между проектными работами, ресурсами и сроками их реализации. Задачи, лежащие на критическом пути (критические задачи), имеют нулевой резерв времени выполнения, и, в случае изменения их длительности, приводят к изменениям сроков реализации всего проекта в целом. В связи с этим, при выполнении проекта критические задачи требуют более тщательного контроля, в частности, своевременного выявления соответствующих проблем и рисков.

Если момент начала выполнения проекта положить равным нулю, то сроки окончания первых работ сетевого графика будут определяться их продолжительностями. Время наступления любого события полагается равным самому позднему времени окончания непосредственно входящих в это событие работ (работа в сетевом графике не может начаться, пока не завершены все её предшественники). В процессе решения частной задачи о поиске критического пути все дуги сетевого графика просматриваются методом эстафеты.

Пусть дуга сетевого графика связывает вершины i и j . Если для вершины i определено предположительное время свершения события i , причём сумма

этого времени и продолжительности работы больше предположительного времени наступления события j , тогда для вершины j устанавливается новое предположительное время наступления события, равное сумме времени наступления события i и продолжительности описываемой рассматриваемой дугой работы. Решение заканчивается, когда очередной просмотр дуг не вызывает ни одного исправления предположительного значения времени начала/окончания работ/событий. В результате определяются: а) событие с самым поздним временем наступления, и б) путь от начальной вершины в конечную. Этот путь называется критическим и определяет продолжительность реализации проекта.

В соответствии с выбранным итеративным подходом к управлению проектами, расписание проекта было сформировано на основании проектных процедур без избыточной детализации на операции (табл. 2).

Для начального события: $i=1: t^p(1)=0$ — см. рис. 1.

Таким образом, длина критического пути равна раннему сроку свершения завершающего события и составляет ~120 дней.

Заключение

Анализ источников информации о примерных продолжительностях основных этапов реализации информационно-технологических проектов и сформированного на основе рекомендаций ГОСТ 34.601–90 «Автоматизированные системы. Стадии создания» реестра проектных операций позволили сформировать иерархическую систему проектных работ. Применение метода критического пути дало возможность оценить количественно наиболее вероятную продолжительность реализации типового информационно-технологического проекта, рассматриваемого как элемент программы цифровой трансформации аграрно-промышленного комплекса Республики Южная Осетия, составившую ~120 рабочих дней.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 21–510–07004.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кунцман А.А. Трансформация внутренней и внешней среды бизнеса в условиях цифровой экономики // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2016. № 11(93). С. 1.
2. Акаткин Ю.М., Карпов О.Э., Конявский В.А., Ясиновская Е.Д. Цифровая экономика: концептуальная архитектура экосистемы цифровой отрасли // Бизнес-информатика. 2017. № 4(42). С. 17–28.

3. Гарифуллин Б.М., Зябриков В.В. Цифровая трансформация бизнеса: модели и алгоритмы // Креативная экономика. 2018. Т. 12. № 9. С. 1345–1358.
4. Турдубаев С.К. Проблемы научно-технического прогресса (НТП) и внедрения новой технологии в аграрно-промышленном комплексе (АПК) // Современные фундаментальные и прикладные исследования. 2011. № 1. С. 52–56.
5. Артемова Е.И., Плотникова Е.В. Обеспечение конкурентоспособности регионального агропромышленного комплекса в условиях импортозамещения // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 119. С. 524–538.
6. Литвиненко И.Л., Киянова Л.Д. Обеспечение инновационного развития региональных АПК: проблемы и пути решения // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2017. № 2(50). С. 12.
7. Дзакоев З.Л., Джабиев В.В., Кочиева Ж.Г. Оценка регулирующего воздействия реализации инвестиционных проектов в Республике Южная Осетия // Вестник Северо-Осетинского государственного университета имени К.Л. Хетагурова. 2013. № 1. С. 218–222.
8. Олейников С.В. Государства с отложенным политическим статусом: резонансное пространство информационных потоков // Гуманитарный вектор. 2014. № 3(39). С. 136–142.
9. Хасанов А.А. Международно-правовые аспекты признания Южной Осетии // Журнал зарубежного законодательства и сравнительного правоведения. 2018. № 1(68). С. 140–146.
10. Коваленко Б.Б., Гусейнова И.В., Гусарова Т.И. Влияние цифровизации экономики на методологии управления проектами // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. 2019. № 2. С. 135–144.
11. Александрова Т.В. Повышение эффективности проектного управления в организации на основе гибкой методологии Agile // Экономика и бизнес: теория и практика. 2019. № 9. С. 11–15.
12. Плетнёва А.В., Насырова Э.А., Аксёнов А.Н., Халимон Е.А. Устойчивое проектное управление как инструмент повышения экономического эффекта от технологических инноваций // Вестник университета. 2021. № 7. С. 151–158.
13. Глазков А.В., Джиоева И.К., Жоломудь М.В., Рытиков Г.О. Разработка алгоритма динамического вычисления коэффициента корреляции Пирсона // В сборнике: Формирование профессиональной направленности личности специалистов — путь к инновационному развитию России. Сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции. Пенза, 2021. С. 57–65.
14. Попова Ю.П., Увакин Д.П. 6G беспроводные системы связи: приложения, требования, технологии, проблемы и исследование направления // Наука и общество в эпоху перемен. 2019. № 1(5). С. 36–44.
15. Грузков И.В., Скиперская Е.В., Русановский Е.В. Исследование сегментов рынка инфраструктуры промышленного интернета // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2021. Т. 11. № 12–1. С. 442–453.
16. Абдуллаев С.С., Абдуллаева А.С. Переход сети 4G на 5G. Инновационный потенциал экосистемы 5G // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева. 2022. № 1(120). С. 164–170.
17. Вертакова Ю.В., Крыжановская О.А., Степанова А.Р. Цифровая трансформация социально-экономических и производственных процессов на основе цифровой платформы интернета вещей // Вестник ОрелГИЭТ. 2019. № 4(50). С. 130–135.
18. Водовозов А.М., Бурцев А.В. Интеллектуальная система уличного освещения на основе парадигмы интернета вещей // Вестник Череповецкого государственного университета. 2021. № 3 (102). С. 7–17.
19. Львович Я.Е., Львович И.Я., Преображенский А.П. Моделирование процессов функционирования системы интернет вещей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2022. № 1 (40). С. 39–41.
20. Скворцов Е.А., Набоков В.И., Некрасов К.В., Скворцова Е.Г., Кротов М.И. Применение технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве // Аграрный вестник Урала. 2019. № 8(187). С. 91–98.
21. Епихин А.И., Кондратьев С.И., Хекерт Е.В. Прогнозирование многомерных нестационарных временных рядов с использованием нейромоделирования // Морские интеллектуальные технологии. 2020. № 4–4(50). С. 23–27.
22. Годин В.В., Белоусова М.Н., Белоусов В.А., Терехова А.Е. Сельское хозяйство в цифровую эпоху: вызовы и решения // E-Management. 2020. Т. 3. № 1. С. 4–15.
23. Сеницына А., Некрасов А. Стратегия мобильной архитектуры и интеграция процессов транспортно-логистических систем // Логистика. 2021. № 12(181). С. 15–17.
24. Козин Е.Г., Ильин И.В., Левина А.И. Реинжиниринг ИТ-архитектуры предприятия на базе сервис-ориентированного анализа архитектуры предприятия // Перспективы науки. 2016. № 9(84). С. 48–56.
25. Танделов О.Ч., Хащина И.В. Разработка методических положений по аудиту архитектуры и технологии управления и реализации проектов, и программ создания, развития и внедрения систем информационно-технологического обеспечения // Государственный аудит. Право. Экономика. 2010. № 4. С. 10–14.
26. Очкур Г.В. Реинжиниринг бизнес-процессов компании // Актуальные проблемы современности: наука и общество. 2019. № 1 (22). С. 23–27.
27. Чупина И.П., Фатеева Н.Б., Петрова Л.Н. Процессы развития автоматизации и информатизации в сельском хозяйстве страны // Аграрное образование и наука. 2019. № 3. С. 21.
28. Щепакин М.Б., Хандамова Э.Ф., Губин В.А. Маркетинговое управление нестабильным предприятием при реализации модернизационных преобразований // Экономика, предпринимательство и право. 2020. Т. 10. № 1. С. 11–36.
29. Цхурбаева Ф.Х., Кудзаев К.Х., Фарниева И.Т. Инвестиционная привлекательность как важнейшее условие развития аграрного сектора региона // Известия Горского государственного аграрного университета. 2014. Т. 51. № 4. С. 298–304.
30. Львова М.И., Бакунова Т.В., Кольцова Т.А., Кучеров А.С. Анализ текущего состояния и инвестиционной привлекательности отрасли АПК в России // Агропродовольственная политика России. 2017. № 5 (65). С. 45–51.

58. Гарифуллин Р.Ф., Николаенко Ю.В. Алгоритм технического перевооружения на основе методов планирования инноваций // Вестник экономики, права и социологии. 2012. № 2. С. 22–27.
59. Лукьяненко З.Б., Югова Н.В. Программно-целевой метод в государственном управлении бюджетной сферой // Ars Administrandi. Искусство управления. 2014. № 2. С. 72–78.
60. Голубь Ю.Я., Даровских Ю.Е., Рудяк Ю.В., Рытиков Г.О. Выпускная квалификационная работа // Методические указания для студентов, обучающихся по направлению бакалавриата 38.03.05 — «Бизнес-информатика» профилю «Бизнес-аналитика в медиаиндустрии (Архитектура предприятий)» / Москва, 2016.

© Глазков Алексей Владимирович, Джюева Ирина Константиновна,
Рытиков Георгий Олегович (GR-yandex@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Государственный университет управления

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ РЕСТОРАНА НА ОСНОВЕ MICROSOFT ACCESS, РАБОТАЮЩАЯ В РЕЖИМЕ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

AUTOMATED SYSTEM FOR RESTAURANT PROCESS CONTROL BASED ON MICROSOFT ACCESS, OPERATING IN CLIENT-SERVER APPLICATION MODE

**A. Goncharov
D. Yashin
K. Brattsev**

Summary. Modern automated control systems allow solving complex problems in the management of production processes in public catering. New opportunities provided by the use of automation of processes in public catering enterprises make it possible to improve the quality of obtaining objective information about the changes taking place at management facilities, the quality of service, and the efficiency of the enterprise.

The proposed automated restaurant production process control system will improve the quality of customer service and production efficiency.

Keywords: automation, control system, client-service application, process, restaurant.

Гончаров Андрей Валерьевич

Кандидат технических наук, доцент, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского
a.goncharov@mgutm.ru

Яшин Денис Дмитриевич

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

Братцев Кирилл Евгеньевич

Кандидат технических наук, доцент, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского
bk@fpv.ru

Аннотация. Современные автоматизированные системы управления позволяют решать сложные задачи в управлении производственными процессами в общественном питании. Новые возможности, которые дает применение автоматизации процессов на предприятиях общественного питания, позволяют повысить качество получения объективной информации об изменениях, происходящих на объектах управления, качество обслуживания, эффективность работы предприятия.

Предложенная автоматизированная система управления производственными процессами ресторана позволит повысить качество обслуживания клиентов и эффективность производства.

Ключевые слова: автоматизация, система управления, клиент-сервисное приложение, процесс, ресторан.

В настоящее время качественная система автоматизации ресторана позволит сделать управление рестораном эффективным, облегчит управление работой заведения. Основные задачи, которые решают системы автоматизации в ресторанном бизнесе: скорость и качество обслуживания гостей; формализация процесса взаимодействия между персоналом; минимизации потерь от воровства; минимизация потерь на баре; автоматизация складского учета; интеграция с тарифицируемым оборудованием; поддержка системы лояльности; управление персоналом; обеспечение финансовой подсистемы [3, 5].

Delphi — это RAD, или Rapid Application Development — среда быстрой разработки приложений. Иначе говоря, Delphi включает в себя не только все средства для работы с языком Object Pascal (тем более что, начиная с версии, 2005 в Delphi имеется поддержка других языков программирования, в частности, C#), но и ряд дополнительных средств, призванных максимально ускорить и упростить создание программ. К таковым средствам относятся, прежде всего, визуальный редактор форм, при помощи которого за считанные минуты и без лишних усилий можно создать полноценно выглядящую программу, а также прочие составные

части визуальной составляющей разработки программ [1, 2]. В результате время разработки программ существенно сокращается, поскольку отпадает необходимость просчитывать вручную расположение каждого элемента пользовательского интерфейса. Вкупе с развитыми средствами для написания и отладки кода — специализированным текстовым редактором, оптимизирующим компилятором и отладчиком, Delphi является средством быстрой разработки приложений [4]. При этом основой Delphi для конечного пользователя является IDE — Integrated Development Environment (интегрированная среда разработки), которая объединяет в себе редактор кода и средства визуальной разработки, а также связывает это с компилятором, средствами разработки баз данных и прочими составными частями Delphi.

MS Access — это система управления базами данных под управлением Windows. MS Access входит в пакет Microsoft Office. Запуск MS Access Пуск/Программы/MicrosoftAccess. Объектом обработки MS Access является файл базы данных, имеющий произвольное имя и расширение.mdb. Объекты MS Access: таблицы, формы, запросы и отчеты.

Постановка задачи

1. Организационно-экономическая сущность задачи. Для предприятий, работающих в сфере общественного питания очень важно оперативно и своевременно вести учёт продуктов и заказов. Поэтому задача автоматизации обработки данных ресторана является одной из приоритетных задач развития предприятия. Основной целью задачи является своевременный оперативный учёт заказов клиентов, а также решаются задачи составления отчётов и других необходимых документов. Автоматизация позволит снизить трудозатраты и число ошибок работников предприятия при обработке данных. Также она приведет к экономии времени сотрудников и повысит оперативность принимаемых решений. Централизованное хранение данных повышает точность и достоверность предоставляемых сведений. Вся информация необходимая для решения задачи «Автоматизация заказа блюд в ресторане» хранится в файлах баз данных на магнитном носителе. Автоматизация позволит получать отчёты по заданным условиям, с подсчётом итоговых значений, и организовать хранение данных для последующего анализа. Условием прекращения использования задачи «Автоматизация заказа блюд в ресторане» является прекращение деятельности предприятия [6].
2. Описание выходной информации. В процессе решения задачи могут быть получены следующие

выходные документы: «Меню ресторана», которое отражает информацию о блюдах, которые может заказать клиент; «Заказ», содержащий информацию о заказанных блюдах, передаваемый на кухню.

3. Описание входной информации.

Входные документы задачи «Автоматизация заказа блюд в ресторане» подразделяются на оперативно-учетную, условно-постоянную и нормативно справочную информацию. Для решения задачи оперативно-учётной информацией используется документ «перечень блюд на текущий день», в котором указаны тип блюда и его наименование.

Предметной областью называется часть реальной системы, представляющая интерес для данного исследования. При проектировании автоматизированных систем предметная область отображается моделями данных нескольких уровней. Число уровней зависит от сложности решаемых задач, но в любом случае включает концептуальный и логический уровни. Предметной областью созданной базы данных является деятельность ресторана [7]. Описаны три основных вида деятельности:

1. Кухня. Производится непосредственно приготовление или «набор» блюд из имеющихся ингредиентов, кроме того, выполняется заказ на необходимые ингредиенты, а также формирование меню или «набор» блюд из уже приготовленных.
2. Бухгалтерия. Производятся все необходимые расчеты.
3. Обслуживание клиентов. Производится обслуживание посетителей ресторана, которым предоставляется меню и выполняется заказ выбранных ими блюд.
4. В базе данных разрабатываемого программного продукта будут храниться данные об общем ассортименте блюд:
 - ◆ Код блюда;
 - ◆ Наименование блюда;
 - ◆ Объем;
 - ◆ Время приготовления;
 - ◆ Стоимость, руб.;

Персонал, который будет обслуживать посетителей ресторана, характеризуются следующими параметрами:

- ◆ Код работника;
- ◆ Фамилия;
- ◆ Имя;
- ◆ Отчество;
- ◆ Дата рождения;
- ◆ Номер/серия паспорта;
- ◆ Адрес;

- ◆ Телефон.

Кроме того, отдельно существует информация о должностях, занимаемых тем или иным работником:

- ◆ Код должности.
- ◆ Название должности.
- ◆ Оклад.
- ◆ Выполняемые функции.

Также в программе содержатся данные о постоянных клиентах:

- ◆ Код клиента;
- ◆ ФИО;
- ◆ Контактный телефон.

При формировании заказа учитываются следующие данные:

- ◆ Наименование блюда;
- ◆ Количество блюд;
- ◆ Цена блюда;
- ◆ Стоимость блюда;

Для удобства хранения блюд по разделам существует информация о видах блюд:

- ◆ Код вида;
- ◆ Наименование вида.

В создаваемом программном продукте могут работать группы пользователей:

1. Обслуживающий персонал ресторана.
2. Администратор ресторана.

Постановка задачи

Основные цели и задачи. Построить базу данных позволяющая повысить эффективность работы ресторана с партнерами и клиентами, и автоматизировать документооборот внутри предприятия ООО «Шик»:

1. Должности
2. Заказ
3. Меню
4. Склад
5. Сотрудники

Описание технологии функционирования БД

Редактированием (добавление, изменение, удаление) общего ассортимента блюд в ресторане занимается повар, он следит за наличием тех или иных продуктов для приготовления блюд.

Администратор на основе получаемых данных формирует меню на 6 различных листах (соответствующих 6 разделам блюд), а затем просматривает и выводит

на печать. Такие операции как фильтрация, поиск и сортировка данных о блюдах доступна и повару, и администратору.

Клиент, придя в ресторан, просматривает готовое меню и осуществляет заказ согласно собственным предпочтениям. Официант подает данные о заказываемых блюдах бухгалтеру и повару. А также информацию о карте постоянного клиента (если такая имеется) бухгалтеру, который, в свою очередь, формирует общий заказ. А затем чек заказа с учетом скидки. На чеке отображается фамилия, имя, отчество обслуживающего официанта, номер столика, дата и время заказа [6, 7].

Данный чек распечатывается и вкладывается в папку «Счёт» для предоставления клиенту. Администратор, занимающийся кадрами, формирует список персонала. Предусмотрено добавление, изменение, удаление записей, а также следит за наличием постоянных клиентов и размером их скидки.

Требования к базе данных

База данных предназначена для формирования меню и заказов клиентуры ресторана. Система должна вести учет первичной документации, учет работников и самой клиентуры, а также формировать необходимые отчеты. Главным назначением базы является автоматизированная деятельность ресторана.

База данных может работать на одном компьютере или в локальной сети. Основной режим работы — диалоговый, т.е. пользователь работает с базой данных, используя объекты форм поля, кнопки, списки, получая при этом необходимые отчеты в Rave Designer, используя для этого специальные шаблоны. Необходимо предусмотреть поиск, отбор и сортировку документов, используя и другие критерии к базе данных.

1. Реляционная модель базы нормализована и состоит из 6 таблиц.

2. Приложение БД имеет удобный для пользователя интерфейс, выполненный в одном стиле.

3. Для разработки приложения выбрана среда разработки Delphi. Delphi — это продукт Borland International для быстрого создания приложений.

Высокопроизводительный инструмент визуального построения приложений включает в себя настоящий компилятор кода и предоставляет средства визуального программирования, несколько похожие на те, что можно обнаружить в Microsoft Visual Basic или в других инструментах визуального проектирования. В основе

Delphi лежит язык Object Pascal, который является расширением объектно-ориентированного языка Pascal. В Delphi также входят локальный SQL-сервер, генераторы отчетов, библиотеки визуальных компонентов, и прочее хозяйство, необходимое для того, чтобы чувствовать себя совершенно уверенным при профессиональной разработке информационных систем или просто программ для Windows-среды. Преимущества Delphi по сравнению с аналогичными программными продуктами:

- ◆ создаваемые с помощью Delphi программы могут работать не только под управлением Windows, а сама она относится к классу инструментальных средств ускоренной разработки программ (RAD);
- ◆ быстрота разработки приложения;
- ◆ высокая производительность разработанного приложения;
- ◆ низкие требования разработанного приложения к ресурсам компьютера;
- ◆ наращиваемость за счет встраивания новых компонент и инструментов в среду Delphi;
- ◆ возможность разработки новых компонент и инструментов собственными средствами Delphi (существующие компоненты и инструменты доступны в исходных кодах);
- ◆ удачная проработка иерархии объектов.

4. Для реализации приложения по автоматизации обслуживания посетителей ресторана мы выбрали СУБД Paradox 7. Принцип хранения данных в Paradox сходен с принципами хранения данных в dBase — каждая таблица хранится в своем файле (расширение *.db), MEMO- и BLOB-поля хранятся в отдельном файле (расширение *.md), как и индексы (расширение *.px).

5. Однако, в отличие от dBase, формат данных Paradox не является открытым, поэтому для доступа к данным этого формата требуются специальные библиотеки. Так как в этой ситуации доступ к данным осуществляется только с помощью «знающих» этот формат библиотек, простое редактирование подобных данных по сравнению с данными открытых форматов типа dBase существенно затруднено. В этом случае возможны такие недоступные при использовании «открытых» форматов данных сервисы, как защита таблиц и отдельных полей паролем, хранение некоторых правил ссылочной целостности в самих таблицах — все эти сервисы предоставляются Paradox, начиная с:

- ◆ первых версий этой СУБД. Достоинства данной СУБД заключаются в том, что она содержит:
- ◆ Средства манипуляции данными Paradox и dBase.
- ◆ Средства создания форм, отчетов и приложений.
- ◆ Средства визуального построения запросов.
- ◆ Средства публикации данных и отчетов в Internet и создания Web-клиентов.

- ◆ Corel Web-сервер.
- ◆ ODBC-драйвер для доступа к данным формата Paradox из Windows-приложений.
- ◆ Средства для доступа к данным формата Paradox из Java-приложений.

6. Работа с приложением организована с помощью меню, расположенного на главном окне, обеспечив тем самым быстрый доступ пользователя ко всей информации, хранящейся в базе данных. Приложение позволяет выполнять следующие операции с данными:

- ◆ ввод данных; в отдельных случаях, с проверкой вводимых данных и выдачей соответствующих сообщений в случае ошибок при вводе данных;
- ◆ удобный просмотр, сортировку, поиск и фильтрацию данных;
- ◆ формирование запросов и получение с помощью них необходимой информации из БД (в том числе и запросы с группировкой);
- ◆ формирование печатной формы (отчётов).

Функционирование приложения ориентировано на конечного пользователя, удобно в работе и выполняет все необходимые для пользователя действия. Таким образом, пользователь может просматривать, добавлять и удалять записи о сотрудниках, клиентах и заказах. Также он может осуществлять поиск необходимой информации, составлять отчёты. Также пользователь может настраивать интерфейс программы согласно собственным предпочтениям, изменяя расположение компонентов на форме, шрифт надписей, подписи на кнопках и т.д. Кроме того, он может располагать окна формы по своему усмотрению.

Модель данных представляет объекты и их взаимосвязи без указания способов их физического хранения. Таким образом, концептуальная модель является, по существу, моделью предметной области. При проектировании концептуальной модели должна происходить структуризация данных и выявление взаимосвязей между ними без рассмотрения особенностей реализации и вопросов эффективности обработки. Проектирование концептуальной модели основано на анализе задач, стоящих перед рекламным агентством. Данная модель включает описания объектов и их взаимосвязей, представляющих интерес в рассматриваемой предметной области и выявляемых в результате анализа данных.

Чтобы построить необходимую нам модель, мы привели все имеющиеся данные к третьей нормальной форме, в результате чего получили следующие сущности:

- ◆ Блюда.
- ◆ Виды блюд.

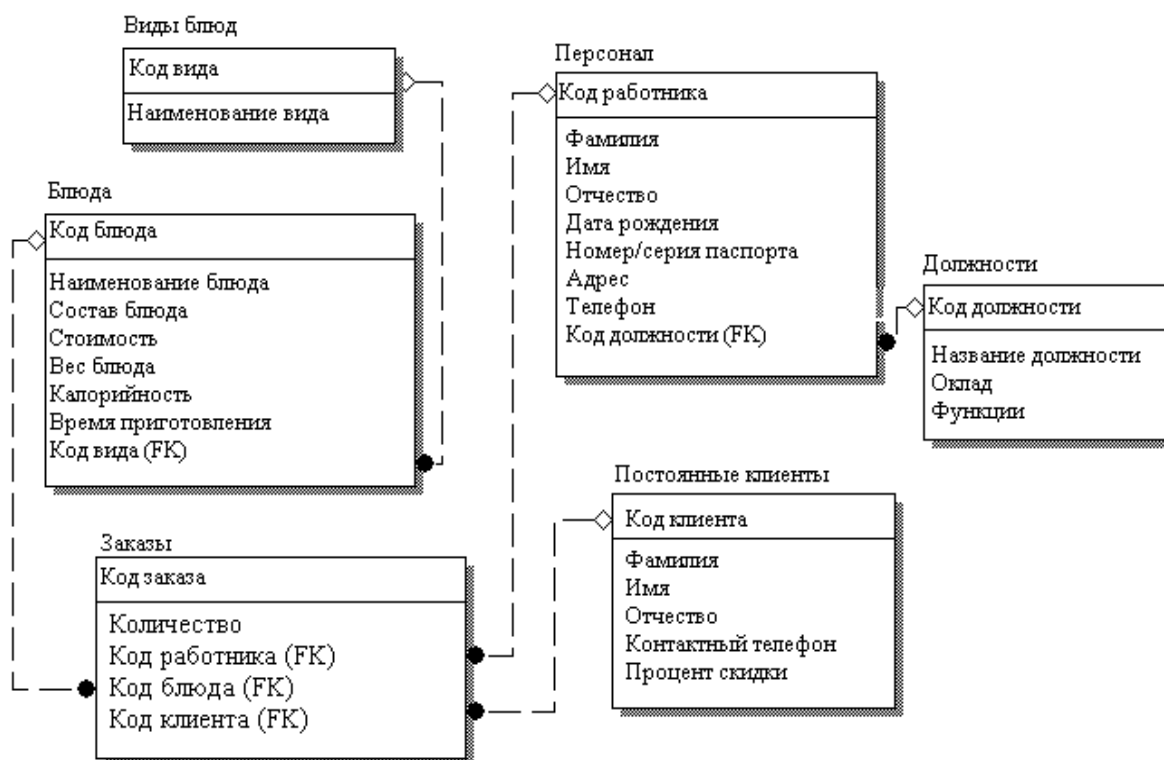


Рис. 1. Модель данных ресторана.

- ◆ Персонал.
- ◆ Должности.
- ◆ Постоянные клиенты.
- ◆ Заказы.

Модель строим на логическом уровне (см. рис. 1).

Из рисунка 1 видно, что в модели проставлены связи. Рассмотрим их подробнее (таблица 1).

7. Реляционная модель базы данных

Реляционная модель БД — модель логического уровня, представляющая собой отображение логических связей между элементами данных, независимо от их содержания и среды хранения.

На этапе датологического проектирования строится логическая структура БД. При этом происходит преобразование исходной инфологической модели в модель данных, которая поддерживается конкретной СУБД. После этого производится проверка адекватности датологической модели, отображаемой предметной области. Конечным результатом проектирования является описание структуры БД на языке описания данных конкретных СУБД.

8. Физическое проектирование базы данных

Анализ сущностей концептуальной модели, их атрибутов и связей позволяет сделать вывод: каждая сущность может быть представлена отдельной таблицей, причем все они уже находятся в третьей нормальной форме. Таблицы базы данных создаются с помощью утилиты BDE Administrator в программе Database Desktop. Таблицы имеют тип Paradox 7. Создадим папку, где будут храниться созданные таблицы и пропишем путь к ней в BDE (Borland Database Engine) Administrator для создания алиаса. Структура таблиц проста, в ней создаются связи по первичному и по индексным полям между таблицами.

В таблице Menu представлен весь ассортимент блюд. Структура таблицы (поля, их типы и назначение) представлена на рисунке 2. Всем полям назначен атрибут Required Field (требование обязательного существования значения у поля на момент его запоминания в БД), кроме поля Kod_bluda, поскольку это поле автоинкрементное, заполнение его значением производится автоматически при запоминании новой записи. С помощью элемента Secondary Indexes задали необходимые индексы (Kod_vida, по данному полю будет

Таблица 1

<p>Таблица «Виды блюд» и таблица «Блюда» — установлена связь «один-ко-многим» при помощи первичного ключа «Код вида»</p>	
<p>Таблица «Должности» и таблица «Персонал» — установлена связь «один-ко-многим» при помощи первичного ключа «Код должности»</p>	
<p>Таблица «Блюда» и таблица «Заказы» — установлена связь «один-ко-многим» при помощи первичного ключа «Код блюда»</p>	
<p>Таблица «Персонал» и таблица «Заказы» — установлена связь «один-ко-многим» при помощи первичного ключа «Код работника»</p>	
<p>Таблица «Постоянные клиенты» и таблица «Заказы» — установлена связь «один-ко-многим» при помощи первичного ключа «Код клиента».</p>	

Field roster:				
	Field Name	Type	Size	Key
1	Kod_bluda	+		*
2	Naimen_bluda	A	30	
3	Soderganie	A	115	
4	Kalorinost	I		
5	Ves_bluda	I		
6	Vremya_prigot	A	20	
7	Stoimost_rub	I		
8	Kod_vida	I		

Table properties:

Validity Checks: [Dropdown]

Define...

1. Required Field

2. Minimum value: [Text Box]

3. Maximum value: [Text Box]

4. Default value: [Text Box]

Рис. 2. Структура таблицы «Меню»

осуществлена фильтрация в таблице), а посредством элемента Refrential Integrity — ссылочную целостность, установив при этом возможность каскадных изменений и удалений.

В таблице Personal первичным ключом является поле Kod_rabotnika, а вторичный индекс присвоен полю Kod_dolgnosti (по нему происходит связь с таблицей Dolgnosti, а также будет осуществлена сортировка в таблице) и полю Familiya (по нему будет осуществлен поиск в таблице).

В таблице Dolgnosti первичным ключом является поле Kod_dolgnosti (по нему происходит связь с таблицей Personal).

В таблице Postoyanue_klientu первичным ключом является поле Kod_klienta (по нему будет осуществлен поиск в таблице).

В таблице Vidu_blud первичным ключом является поле Kod_vida (по нему происходит связь с таблицей Menu).

В таблице Zakazu первичным ключом является поле Nom_p/p, а вторичный индекс присвоен полю Kod_bluda (по нему происходит связь с таблицей Menu) и полю Kod_rabotnika (данное поле будет включено в отчет Rave).

9. Создание приложения для работы с базой данных. Разработка функциональной модели СУБД

Все описанные таблицы, составляющие основу базы данных, функционируют в рамках созданной си-

стемы управления базой данных "Restaurant". Приложение для работы с СУБД "Restaurant" создано средствами среды программирования Delphi 7.0. Модуль «Справочные таблицы» является основным модулем разрабатываемой программы. Его назначение — предоставление пользователю возможности выбора дальнейшего действия. Он позволяет загрузить другие модули, настроить СУБД согласно желаниям пользователя или осуществить выход из СУБД. Модули «Персонал», «Постоянные клиенты», «Ассортимент блюд», «Заказы» позволяют просматривать и редактировать соответствующие справочники, то есть осуществлять добавление, удаление, изменение и сохранение записей справочника. Из модуля «Ассортимент блюд» можно сформировать отчет (в виде меню), а из модуля «Заказы» формируется отчет в виде чека заказа. То есть это уже операционные таблицы Модуль «Файл» является справкой приложения. В модуле «О программе» можно просмотреть информацию о программном продукте. В модуле «Об авторе» содержится информация о разработчике приложения. Модуль «Выход» осуществляет завершение работы программы. Разработка экранных форм ввода-вывода и отчетов. При разработке СУБД "Restaurant" были разработаны экранные формы ввода/вывода исходных данных и результатов обработки, а также печатаемых отчетов. При запуске приложения мы видим, как процесс загрузки главной формы скрывает заставка. Она активна в течение 5 секунд. Затем открывается главное окно приложения.

Главное окно приложения содержит меню, с помощью которого можно начать работу. При выборе пункта меню Файл о программе открывается окно с информацией о программном продукте.

Управление отображением данных

С целью управления данными разрабатываем программу, которая будет работать с базой данных MS Access. Для разработки программы используем ADO:



— ADOConnection.

Создаем новый проект. На форме компонент ADOConnection с закладки ADO палитры компонентов, настраиваем соединение с сервером, которое прописано в свойстве ConnectionString.

Используем специальный файл (Use Data Link File); Используем строку подключения (Use Connection String).

На закладке Provider перечислены все доступные ADO драйверы доступа к базам данных.

Для доступа к базам данных MS Access используется драйвер «Microsoft Jet OLE DB Provider». Такой драйвер обязательно устанавливается на машину вместе с MS Office, а в последних версиях Windows он устанавливается по умолчанию.

После выбора базы данных, необходимо протестировать соединение (Test Connection).

В свойствах компонента ADOConnection необходимо отключить свойство LoginPrompt, выставив его в False для того, чтобы при каждом обращении к базе не загружалось окно ввода пароля.

Далее выставляем свойство Connected в True, чтобы произошло соединение с базой. Теперь необходимо получить доступ к созданной базе. Для этого находим форму компонент ADOTable в закладке ADO палитры компонентов



— ADOTable.

В данном компоненте свойство ConnectionString настраиваемое. Указываем у нашего компонента в свойстве Connection, созданный нами компонент соединения с базой данных.

В свойстве TableName нужно выбрать имя таблицы. После этого можно осуществлять подключение. Для этого выставляем свойство Active в true.— этот метод проверяет правильность закладки.

Для отображения данных из таблицы надо ещё установить на форму компонент DataSource



TDataSource с закладки Data Access палитры компонентов.

Далее отображаем данные. Устанавливаем компонент DBGrid



— DBGrid.

Это компонент-сетка, которая может отображать данные в виде таблицы. В этом же компоненте можно добавлять, удалять и редактировать строки таблицы.

И последний этап создания приложения — связывание компонента сетки с компонентом отображения таблицы. Для этого в свойстве DataSource компонента DBGrid указываем созданный нами компонент DataSource1.

Разработка формы

После размещения на форме компонент MainMenu категории Standard создаем меню программы. На главную форму устанавливаем компоненты: Image bitbtn с закладки additional.

Компонент отображает на форме графическое изображение и обеспечивает работу с ним. Основные свойства:

- ◆ содержит отображаемый графический объект;
- ◆ картинка изменяется пропорционально при изменении размеров;
- ◆ цвет фона изображения прозрачный, чтобы через него было видно нижележащее изображение;
- ◆ центрирование изображения в поле компонента, если его размеры меньше размеров поля. При значении False изображение располагается в верхнем левом углу поля. Свойство не действует, если AutoSize установлено в true или если Stretch установлено в true и Picture содержит не пиктограмму;
- ◆ отображает изменение автоматически размера компонента, подстраиваясь под размер изображения. По умолчанию False — не подстраивается.

Меню программы

Меню:

- ◆ мастер
- ◆ выход
- ◆ Отчеты

Документы:

- ◆ Прайс лист
- ◆ карточки клиентов
- ◆ карточки сотрудников

Действия:

- ◆ работа с клиентами
- ◆ редактировать сотрудников
- ◆ редактировать ассортимент
- ◆ редактировать предложение
- ◆ оформить покупку

Данная форма предоставляет возможность оформления и редактирования продаж товаров и услуг.

Создание отчетности в Quick Reports

Создания отчётов, которое входит в поставку Delphi — это Quick Reports. Следует отметить, что по скорости действия данный компонент не является достаточно быстрым в сети Internet, но его главное преимущество в том, что он установлен и готов к работе в Delphi.

Все компоненты Quick Reports находятся на закладке QReport палитры компонентов.

Головной компонент Quick Reports — TQuickRep. Этот компонент — основа любого отчёта. Он представляет собой холст листа будущего отчёта.

На форме (тест) установил компонент QuickRep. Выдели этот компонент и в объектном инспекторе включи параметры HasTitle и HasDetail свойства Bands.

Далее в этих секциях располагаем компоненты, которые будут отображать необходимую информацию. На закладке QReport палитры компонентов доступны следующие компоненты, которые можно располагать в этих разделах:

- ◆ надпись. Этот компонент похож на стандартный компонент TLabel и отображает нужные данные;
- ◆ данные. Этот компонент тоже похож на TLabel, только он предназначен для отображения значения какого-либо поля из базы данных.

Тип поля базы данных должен быть совместим с текстом, т.е. может быть целым числом, строкой, датой, но не может быть картинкой или бинарными данными;

- ◆ системная информация. Это опять копия TLabel только с возможностью отображать системную информацию;
- ◆ дату, время, номер страницы, номер строки в таблице, общее количество страниц и т.д.;
- ◆ набор строк. Этот компонент уже похож на TМето и способен отображать Мето данные из базы данных;
- ◆ компонент для создания обрамлений.

Программный комплекс состоит из клиентской части, выполненной в среде программирования Delphi, и серверной части, выполненной в виде базы данных MS Access, хранимой на сервере и состоящей из таблиц, хранимых процедур и других компонентов базы данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. 1С: Предприятие 8. Общепит. [Сайт]. — URL: <https://solutions.1c.ru/catalog/public-catering> (дата обращения: 27.02.2022).
2. Зуева А.Н. Бизнес-процессы: анализ, моделирование, управление [Текст]: учебное пособие / А.Н. Зуева. — М.: ПТУ МИРЭА, 2020. — 157 с.
3. Искусственный интеллект в ресторанном бизнесе. Основные направления и примеры. [Сайт] — URL: <https://evergreens.com.ua/ru/articles/ai-in-restaurants.html> (дата обращения: 25.05.2022).
4. К 2035 году мировой объем FoodNet может составить порядка 5,9 трлн. долларов. [Сайт] — URL: <http://biotech2030.ru/k-2035-godu-mirovoj-obem-foodnet-mozhet-sostavit-poryadka-5-9-trln-dollarov/> (дата обращения: 01.03.2022).
5. Как использовать Wallet на iPhone, iPod touch и Apple Watch. [Сайт] — URL: <https://support.apple.com/ru-ru/HT204003> (дата обращения: 20.05.2022).
6. Какой бизнес может увеличить прибыль с помощью цифровой экосистемы. [Сайт] — URL: <https://www.cossa.ru/special/ecosystems/271856/> (дата обращения: 21.05.2022).
7. Кисилевич Т.И. Автоматизация деятельности предприятий общественного питания: теория и опыт [Текст] / Т.И. Кисилевич, Я.Ю. Митрюшкин, Г.Р. Хвистани // Инновационное развитие экономики. — 2018. — № 6–1 (48). — С. 161–166.

© Гончаров Андрей Валерьевич (a.goncharov@mgutm.ru),

Яшин Денис Дмитриевич (d.yashin@mgutm.ru), Братцев Кирилл Евгеньевич (bk@fpv.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА АСЕПТИЧЕСКОЙ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ УПАКОВКИ МУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

AUTOMATED SYSTEM FOR ASEPTIC INDIVIDUAL PACKAGING OF PASTA PRODUCTS

**A. Goncharov
K. Brattsev
L. Tuchkina**

Summary. The current trend in the development of modern production is to maximize the safety of products and extend their shelf life in a natural way. Leading manufacturers of packaging equipment and materials for the food industry are responding quickly to these demands with new technical resources to meet the strict hygienic conditions of food production. Automation of the packaging process plays an important role in ensuring the efficiency and productivity of production. In this project, an automated control system for the process of packaging flour products is considered.

The article examines the process of decontamination of Flow-Pack packaging in the production of flour products and the operation of the automatic control system were studied, the specification of the production equipment used in the packaging process was given, and without changing the basic functionality of the equipment, a package decontamination module was added, including a controller, a phototag sensor, path sensor, injector. The phototag sensor is necessary to receive a signal about the start of counting the length of the package, the path sensor is necessary to control the length of the package and determine the injection site of the antiseptic mixture.

Keywords: packaging machine, aseptic packaging, alcohol, controller, phototag sensor, path sensor, nozzle.

Гончаров Андрей Валерьевич

Кандидат технических наук, доцент, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского
a.goncharov@mgutm.ru

Братцев Кирилл Евгеньевич

Кандидат технических наук, доцент, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского
bk@fpv.ru

Тучкина Лариса Константиновна

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

Аннотация. Актуальным трендом развития современного производства является максимальное повышение безопасности продукции и продление срока ее хранения естественным путем. Ведущие производители упаковочного оборудования и материалов для пищевых производств оперативно реагируют на эти требования, предлагая новые технические ресурсы, позволяющие обеспечить соблюдение строгих санитарно-гигиенических условий производства продуктов питания. Важную роль для обеспечения эффективности и производительности производства играет автоматизация процесса упаковки. В данном проекте рассмотрена автоматизированная система управления процессом упаковки мучных изделий.

В статье изучены процессы обеззараживания упаковки Flow-Pack при производстве мучных изделий и работа системы автоматического управления, приведена спецификация производственного оборудования, используемого в процессе упаковки, а также, не меняя базовых функциональных возможностей оборудования, добавили модуль обеззараживания упаковки, включающий контроллер, датчик фотометки, датчик пути, форсунку. Датчик фотометки необходим для получения сигнала о начале отсчета длины упаковки, датчик пути необходим для контроля длины упаковки и определения места впрыска антисептической смеси.

Ключевые слова: упаковочная машина, асептическая упаковка, спирт, контроллер, датчик фотометки, датчик пути, форсунка.

Актуальность данной темы состоит в том, что в условиях постоянно растущей конкуренции любому предприятию необходимо наращивать эффективность производства с помощью автоматизированных систем управления технологическими процессами. Главной проблемой на действующих в данное время предприятиях является имеющееся на них

устаревшее оборудование или недостаточно производительное оборудование. Решить данную проблему возможно двумя способами: либо полностью заменять устаревшие машины, либо модернизировать существующее производственное оборудование. Новое оборудование достаточно дорогостоящее, а за счет совершенствования оборудования, не производя полную



Рис. 1. Датчик фотометки Leuze Electronic KRT21M-09.PL3/42-M12

ее замену, можно добиться улучшения ее технических характеристик, таких как производительность, энергоэффективность, точность, расход, и, тем самым, увеличить количество выпускаемой линией продукции, уменьшить количество брака, то есть, оптимизировать работу всей производственной линии [4].

Упаковка продукта должна обеспечивать сохранность товара. Установленная в упаковочной машине автоматизированная система позволяет обеспечивать заполнение упаковки инертным газом, но разработчики функционального продукта не рекомендуют использовать инертные газы при формировании упаковки. Кислород в выпечке вызывает разложение жиров, в результате которого, как правило, появляются неприятные запахи, поэтому, чем меньше кислорода будет в упаковке с хлебобулочными и мучными кондитерскими изделиями, тем лучше. Углекислый газ в модифицированной атмосфере используется для замещения кислорода, он активно препятствует развитию аэробных бактерий, вызывающих гниение мяса, рыбы, птицы. Углекислый газ, растворяясь в водной составляющей продукт, образует угольную кислоту и окисляет изделие. Кроме того, избыток углекислого газа может привести к повреждению структуры продукта, изменению цвета, к появлению неприятного запаха у жирных и масляных продуктов, например, с высокой концентрацией семян подсолнечника. В некоторых случаях происходит деформация упаковки — она как бы втягивается внутрь, что свидетельствует о том, что углекислый газ проник в продукт и растворился в нем. Для продления срока хранения изделий в упаковку с продуктом решено перед запечатыванием впрыскивается спирт, который дезинфицирует поверхность продукта и тем самым препятствует образованию плесени [3].

В результате данных выше рекомендаций к процессу упаковки необходимо внедрить систему впрыска спирта в упаковку.

В данной работе рассматривается именно модернизация существующего оборудования с целью восстановления его актуальности, увеличения производительности и быстродействия, уменьшения энергозатрат, уменьшения количества бракованной продукции, иными словами цель работы — рационализация работы машин цеха.

Ситуация в современном мире ужесточила требования к производству продуктов, в том числе и во время пандемии. Не меняя базовых функциональных возможностей оборудования, добавим модуль обеззараживания упаковки. Следует сказать, что некоторые аналогичные более дорогие машины других производителей опционально могут иметь модули впрыска спирта, однако линейка оборудования MAGIKON-400 не имеет такого расширения [1,2].

Так как свободные слоты для подключения датчиков в контроллере модернизируемого оборудования отсутствуют, добавим самостоятельный контур управления форсункой распыления смеси: контроллер, датчик фотометки, датчик пути, форсунку.

Датчик фотометки необходим для получения сигнала о начале отсчета длины упаковки, датчик пути необходим для контроля длины упаковки и определения места впрыска антисептической смеси.

Работа контроллера связана с двумя основными этапами эксплуатации: начальная позиция, момент впры-



Рис. 2. Измеритель скорости и длины ИСД-5



Рис. 3. Программируемый логический контроллер ПЛК200

ска и обнуление координат. Выходные данные с контроллера поступают на реле запуска форсунки.

Модернизация позволит расширить функционал машины.

Спецификация технических средств автоматизации

Датчик фотометки

Датчик фотометки Leuze Electronic KRT21M-09. PL3/42-M12 обеспечивает надежное обнаружение маркировки. Он излучает яркий красный / зеленый / синий (RGB) свет для точного обнаружения контрастных меток. Световое пятно прямоугольное вертикальное. Датчик работает от источника питания напряжением 10–30 DC. Подключается через разъем M12. Выход — PNP/NPN. Передовая электроника устройства заключена в прочный прямоугольный корпус.

Измеритель скорости и длины ИСД-5

Датчик длины и пройденного пути ИСД-5 (ООО «ПТП» СЕНСОРИКА-М») предназначен для бесконтактного измерения в металлургической, кабельной, химической, целлюлозно-бумажной, текстильной и деревообрабатывающей промышленности в автоматизированных системах управления, раскроя и учета.

При установке сенсора на подвижном объекте, он способен измерять скорость и пройденный путь. Так же он способен измерять скорости и линейные размеры проходящих мимо транспортных средств, подвижных устройств, конструкций. Принцип измерения — лазерный интерференционный.

Программируемый логический контроллер ПЛК200

ОВЕН ПЛК200 — новая линейка моноблочных контроллеров для малых и средних систем автоматизации со встроенными дискретными и аналоговыми входами/выходами (DI/DO/AI/AO). Контроллеры универсальны благодаря широкому спектру коммуникационных протоколов.

Контроллер программируется в среде CODESYS V3.5 SP14 Patch 3 или CODESYS V3.5 SP16 Patch 3 (в зависимости от версии прошивки). В рамках единого ПО пользователь разрабатывает управляющую логику, человеко-машинный интерфейс и настраивает обмен с другими устройствами.

В качестве модулей расширения входных и выходных сигналов рекомендуется к использованию линейка модулей ввода/вывода Mx210 с интерфейсом Ethernet. Встроенные в контроллер два порта Ethernet и наличие межсетевое экрана позволяют применять его в качестве шлюза между промышленной сетью и сетью предприятия.

Для управления программируемым логическим контроллером ПЛК200 используют программное обеспечение CODESYS V3.5. CODESYS используется для создания и отладки прикладного программного обеспечения и разработки интерфейса оператора, которые в сочетании образуют пользовательский проект. Все взаимодействие с контроллером происходит с помощью CODESYS, другое программное обеспечение для этого не требуется.

Для создания нового проекта следует:

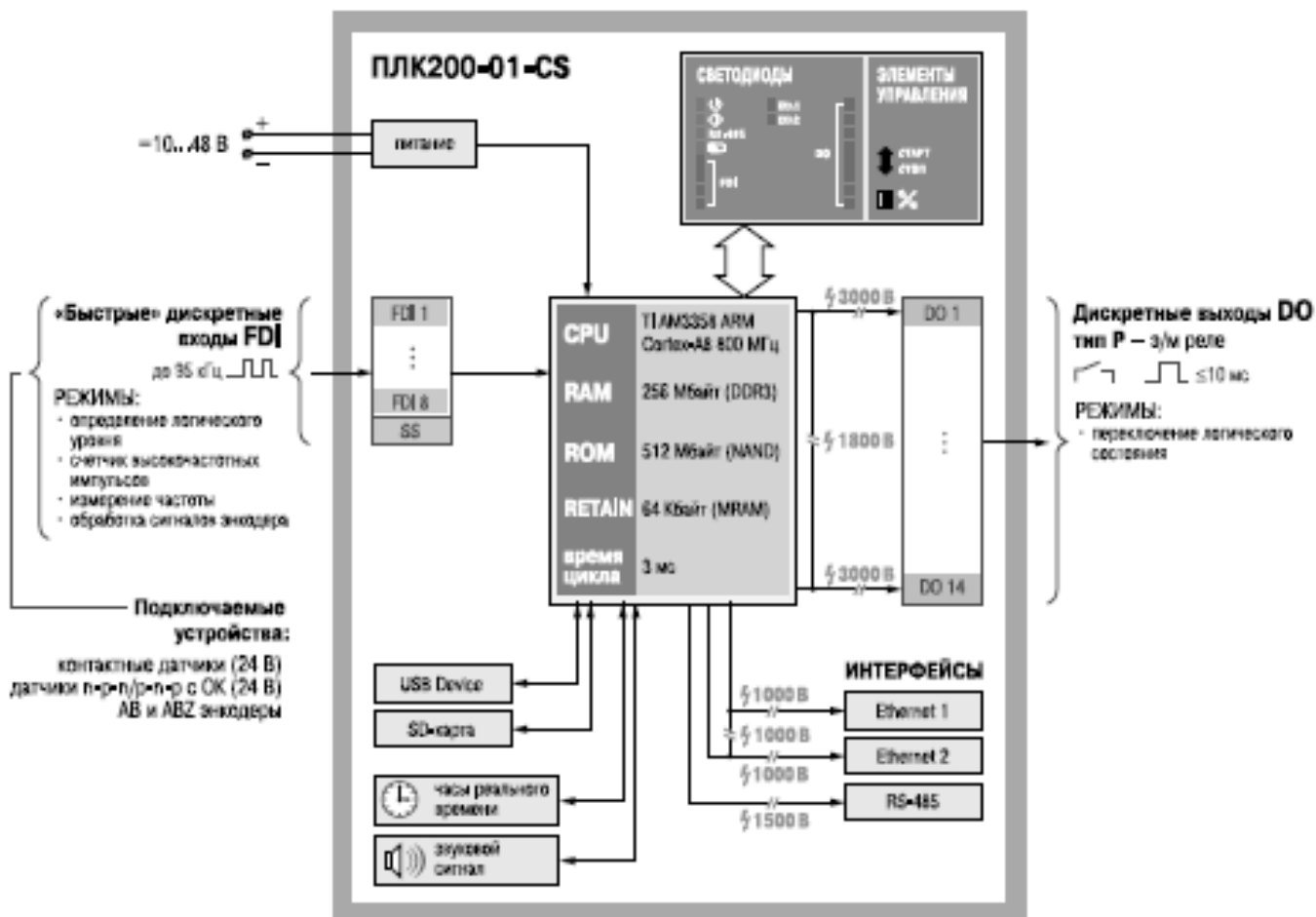


Рис. 4. Функциональная схема ПЛК200.

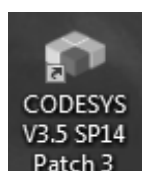


Рис. 5. Внешний вид ярлыка CODESYS.

1. CODESYS запускается двойным нажатием ЛКМ на соответствующий ярлык на рабочем столе (рис. 5).

В результате откроется стартовое окно CODESYS, которое имеет следующий вид: рис. 6.

2. Создаем новый проект, следует нажать на кнопку «Новый проект» (расположена на стартовом экране и продублирована в меню Файл), рис. 7.
3. Выбираем тип проекта, его имя и папку, в которой будут сохраняться файлы проекта. Создан

проект типа Стандартный с названием FirstStart, который будет храниться в папке C:\Users\Documents (рис. 8).

4. В появившемся меню выбираем модель устройства (контроллера) и язык создаваемой по умолчанию программы. По умолчанию среда программирования запускается с русскоязычным интерфейсом, рис. 9.
5. Основными интерфейсами для подключения контроллера к ПК являются Ethernet и USB. Варианты взаимного сетевого расположения контроллера и компьютера:

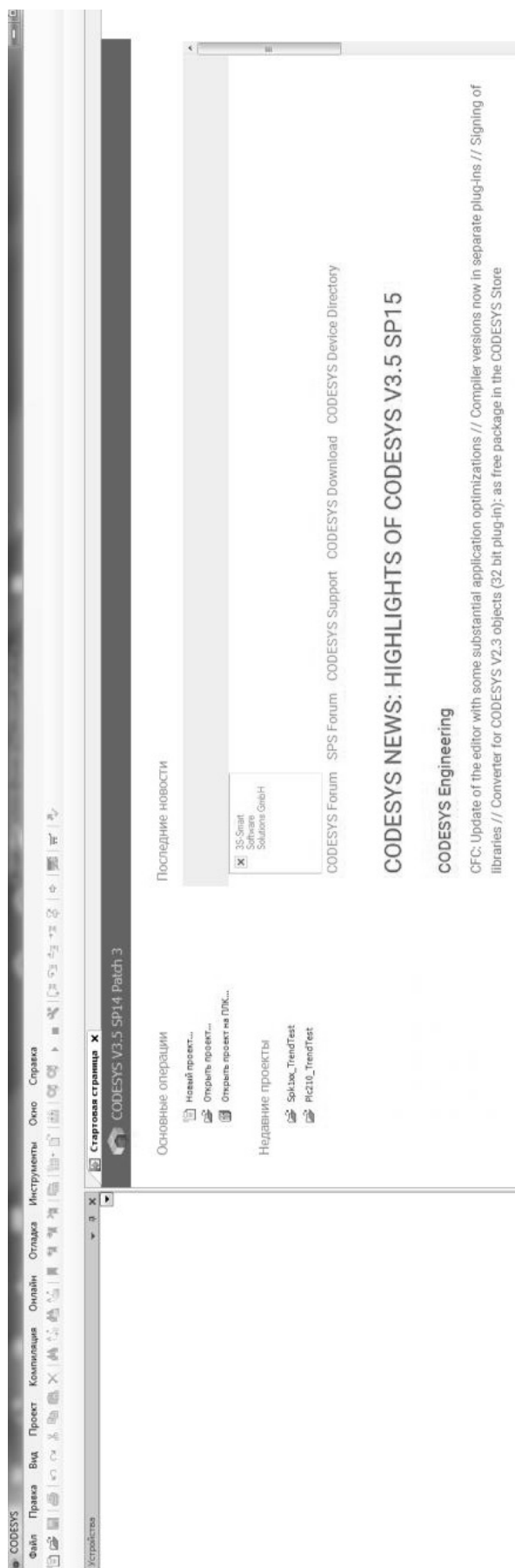


Рис. 6. Стартовое окно CODESYS



Рис. 7. Внешний вид кнопки «Новый проект»

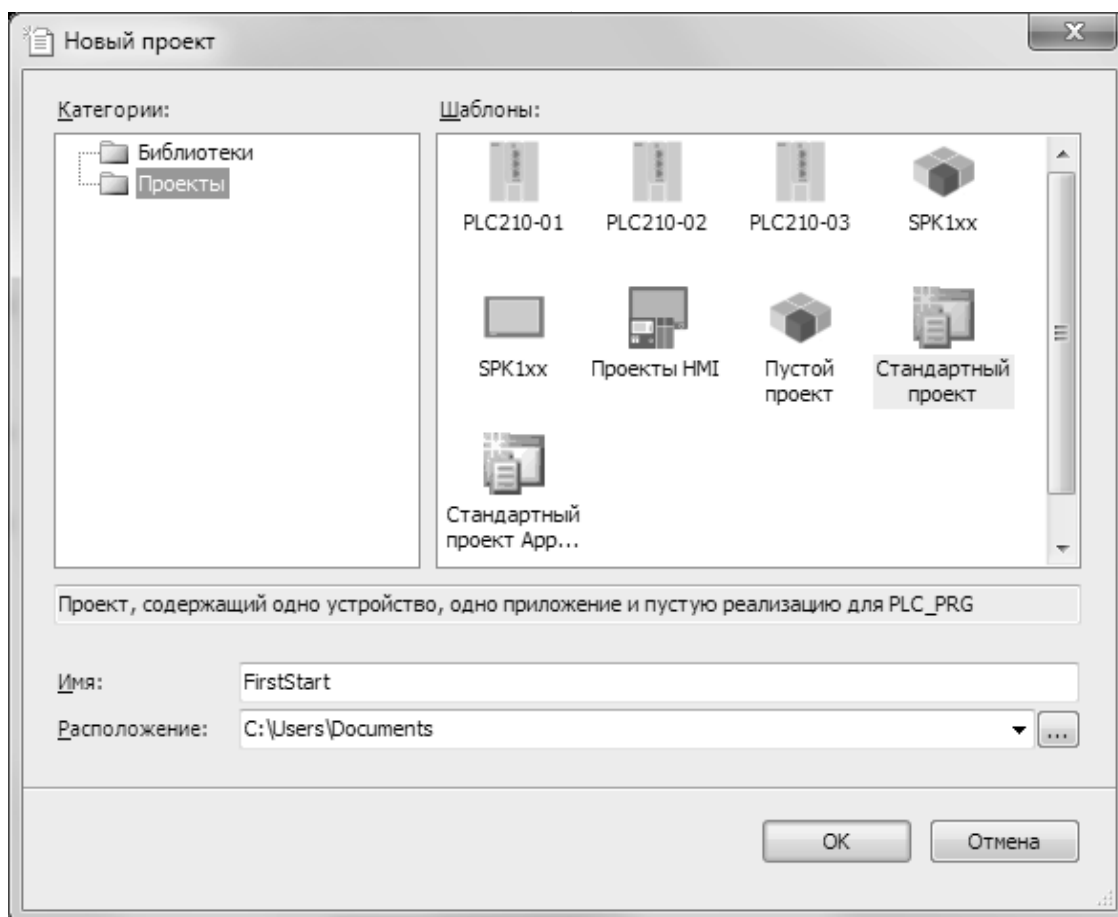


Рис. 8. Меню создания нового проекта

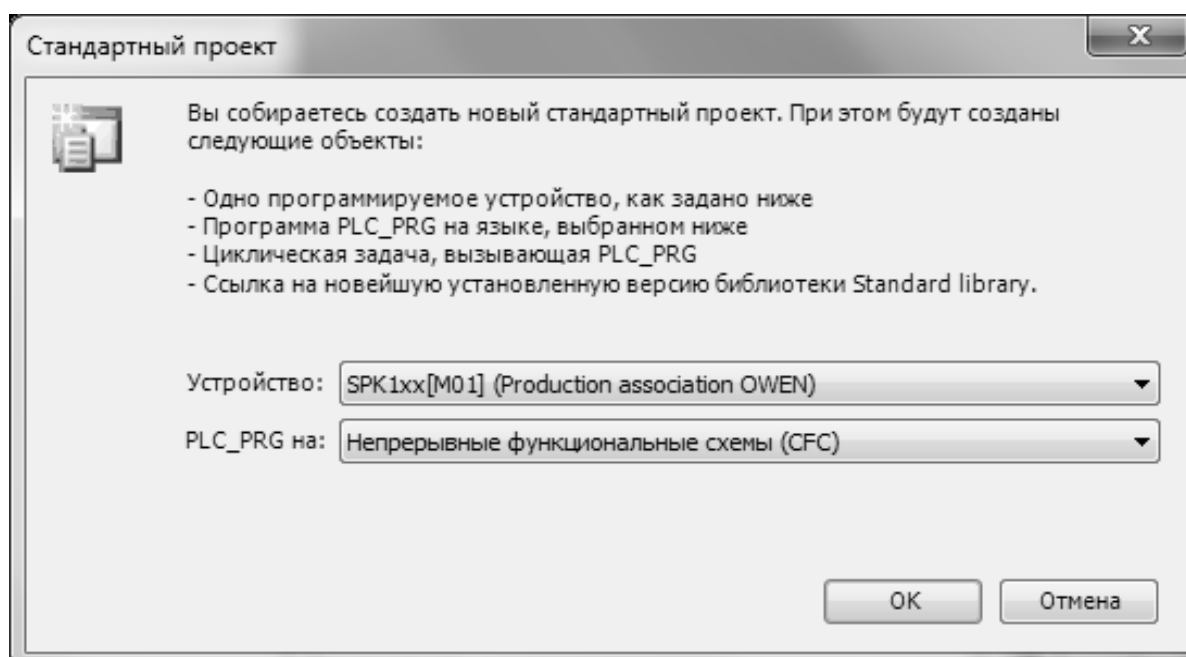


Рис. 9. Меню выбора контроллера и языка программирования

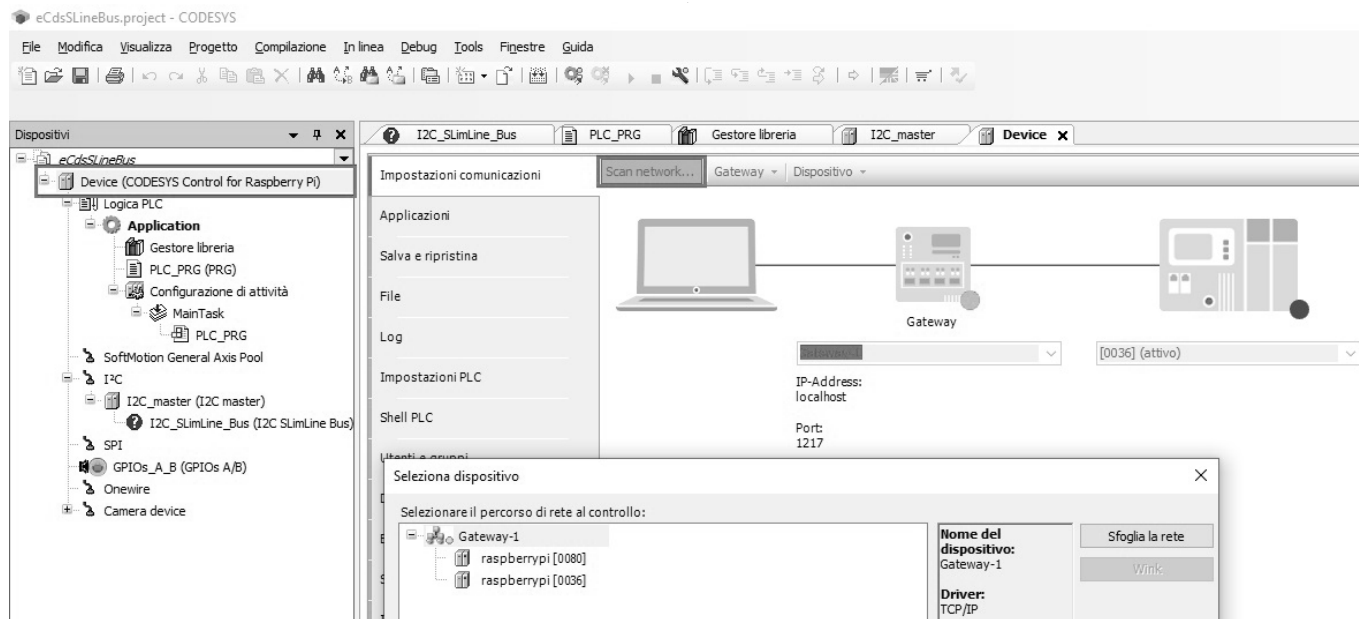


Рис. 10. Окно сканирования сети

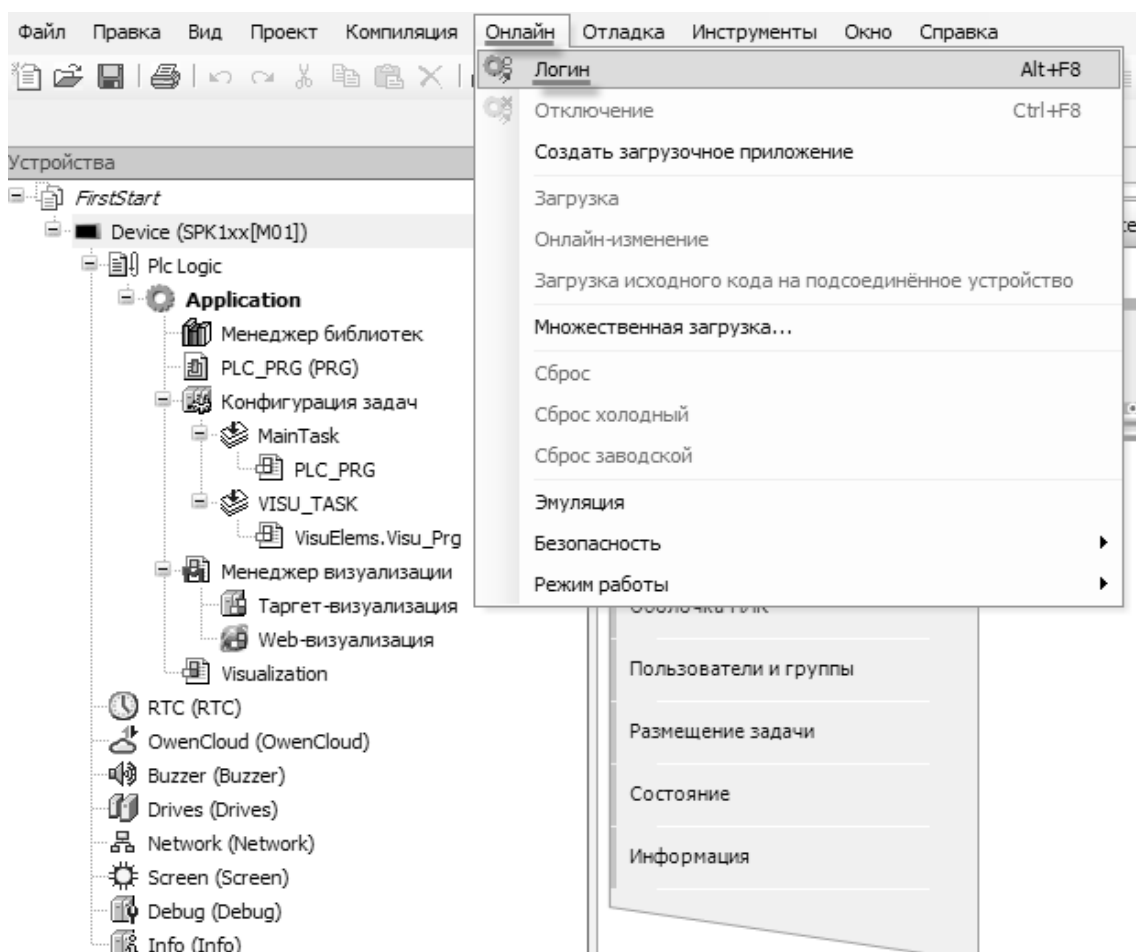


Рис. 11. Кнопка Login

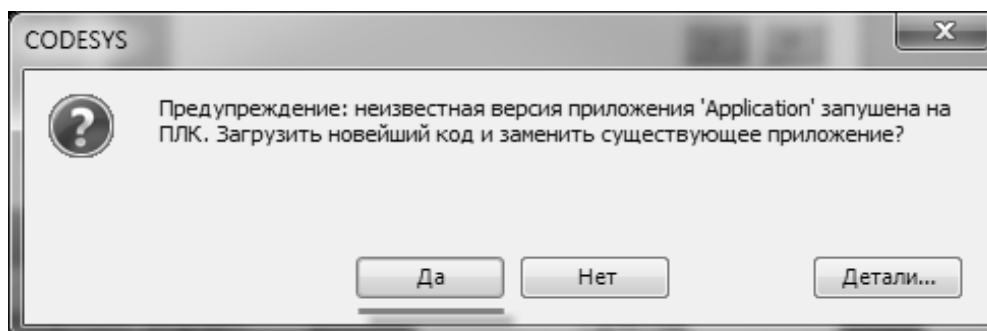


Рис. 12. Диалоговое окно загрузки проекта

1. Контроллер и компьютер находятся в одной локальной сети.
2. Контроллер и компьютер находятся в разных локальных сетях, связанных с помощью соответствующих сетевых устройств (маршрутизаторов).

Чтобы изменить сетевые настройки контроллера следует подключиться к web-конфигуратору или запустить экранный конфигуратор (только для контроллеров СПК). Для запуска web-конфигуратора следует подключить контроллер к ПК по интерфейсу Ethernet или USB и в web-браузере ввести IP-адрес интерфейса. На открывшейся странице аутентификации следует ввести имя пользователя root и пароль (пароль по умолчанию — owen).

6. При первом входе в web-конфигуратор запущен Мастер настройки, в процессе работы которого заданы сетевые настройки контроллера.
7. После настройки сетевых параметров контроллера и компьютера установили связь между ними в среде CODESYS. Затем следует выбрать устройство, соответствующее модели контроллера. Название модели указано в конфигураторе. Затем настраиваем Gateway (шлюз). Для создания нового шлюза следует открываем вкладку Установки соединения, нажимаем на кнопку gateway и выбрать пункт Add new gateway. Настройки рекомендуется оставить по умолчанию (имя — Gateway-1, IP-адрес — localhost). Затем

закрываем окно настроек шлюза и нажать кнопку Scan network. В появившемся списке следует выбрать нужный контроллер и установить связь, нажав кнопку ОК, рис. 10.

8. Следующий этап — загрузка проекта. Для загрузки проекта в оперативную память контроллера следует в меню Онлайн нажать кнопку Логин (она также продублирована на Панели инструментов), рис. 11, 12.
9. Проект загружен в оперативную память контроллера, информация из которой стирается в случае отключения питания. Чтобы проект оставался в памяти контроллера после перезагрузки следует загрузить его в flash-память, выполнив команду «Создать загрузочное приложение из меню Онлайн».

При модернизации оборудования упаковочной машины увеличивается необходимость обучения персонала всем тонкостям работы с современными автоматизированными устройствами. Благодаря правильной эксплуатации и соблюдению техники безопасности оборудование будет работать дольше и не будет необходимости в его замене или частом сервисном обслуживании.

В работе был рассмотрен процесс обеззараживания упаковки Flow-Pack при производстве мучных изделий и работа системы автоматического управления. Приведена спецификация производственного оборудования, используемого в процессе упаковки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Веселов, А.И. Технологическое оборудование, оснастка и основы проектирования упаковочных производств: учебное пособие / А.И. Веселов, И.А. Веселова. — Москва: ИНФРА-М, 2021. — 262 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN978-5-16-004406-4. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1192222>
2. Шишов, О.В. Программируемые контроллеры в системах промышленной автоматизации: учебник / О.В. Шишов. — Москва: ИНФРА-М, 2021. — 365 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование: Бакалавриат). — www.dx.doi.org/10.12737/17505. — ISBN978-5-16-011205-3. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1206071>

3. Денисенко, В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием / В.В. Денисенко. — Москва: Гор. линия-Телеком, 2013. — 606 с.: ил.; ISBN978-5-9912-0060-8. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/443651>
4. Иванов К.Ю. Конструкционные и функциональные разработки тары и упаковки // Упаковка: вчера, сегодня, завтра. — 2000. — № 2. — С. 6–7.

© Гончаров Андрей Валерьевич (a.goncharov@mgutm.ru),
Братцев Кирилл Евгеньевич (bk@frv.ru), Тучкина Лариса Константиновна (l.tuchkina@mgutm.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСВОЕНИЯ СТУДЕНТАМИ ИТ–СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ АНГЛИЙСКОЙ ЛЕКСИКИ

A SOFTWARE PACKAGE TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF MASTERING PROFESSIONAL ENGLISH VOCABULARY BY STUDENTS OF IT SPECIALTIES

*Yu. Efimova
L. Teplykh*

Summary. The paper considers the development and use of software training tools having the potential for improvement in a rapidly changing informational professional environment.

Based on the analysis of programming languages, source codes of programs, English-language forums and blogs of programmers, a structural and functional model for optimizing the mastering of professional vocabulary by IT means has been developed. The frequency and semantic analysis of text data was carried out. Also we created databases of lexical units, which became the basis of the software package for teaching and testing students. The software package, which includes modules for training English professional vocabulary and testing its mastering, is written in the C# programming language using Windows Form.

The article uses a new approach to filtering and ranking by frequency of lexical units' occurrence, which can become the basis for further research by the authors and all interested parties.

Keywords: software package, databases of lexical units, IT education, frequency analysis of the text, semantic analysis of the text.

Ефимова Юлия Викторовна

Кандидат пед. наук, доцент, Чистопольский филиал «Восток» Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева — КАИ
efjulia@mail.ru

Теплых Людмила Владимировна

Канд. пед. наук, доцент, Чистопольский филиал «Восток» Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева — КАИ
ludmila_tep@mail.ru

Аннотация. В работе рассматривается разработка и использование программных обучающих средств, обладающих потенциалом к усовершенствованию в условиях быстроизменяющейся информационной профессиональной среды.

На основе анализа языков программирования, исходных кодов программ, англоязычных форумов и блогов программистов разработана структурно-функциональная модель оптимизации усвоения профессиональной лексики ИТ-средствами. Проведен частотный и семантический анализ текстовых данных, созданы базы данных лексических единиц, которые стали основой программного комплекса обучения и тестирования студентов. Программный комплекс, включающий в себя модули для тренинга английской профессиональной лексики и тестирования ее усвоения, написан на языке программирования C# с использованием Windows Form.

В статье использован новый подход к фильтрации и ранжированию по частоте встречаемости лексических единиц, который может стать основой дальнейших исследований авторов и всех заинтересованных лиц.

Ключевые слова: программный комплекс, базы данных лексических единиц, ИТ образование, частотный анализ текста, семантический анализ текста.

Научно-технический прогресс, а в связи с ним стремительные изменения во всех сферах нашей жизни диктуют необходимость постоянного обновления профессиональных и общекультурных знаний, поскольку только так можно сохранить достаточную компетентность специалиста на протяжении всей его активной деятельности. В наши дни любой специалист через определенное время должен усовершенствовать свою квалификацию, чтобы сохранить конкурентоспособность на рынке трудовых ресурсов

[1]. И эта проблема особенно близко затрагивает студентов ИТ специальностей, которые имеют дело непосредственно с быстроизменяющимися наукоемкими технологиями [2, 3]. Согласно ФГОС+++ выпускники направления 09.03. 01 Информатика и вычислительная техника должны владеть следующими компетенциями: [4].

УК-4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государствен-

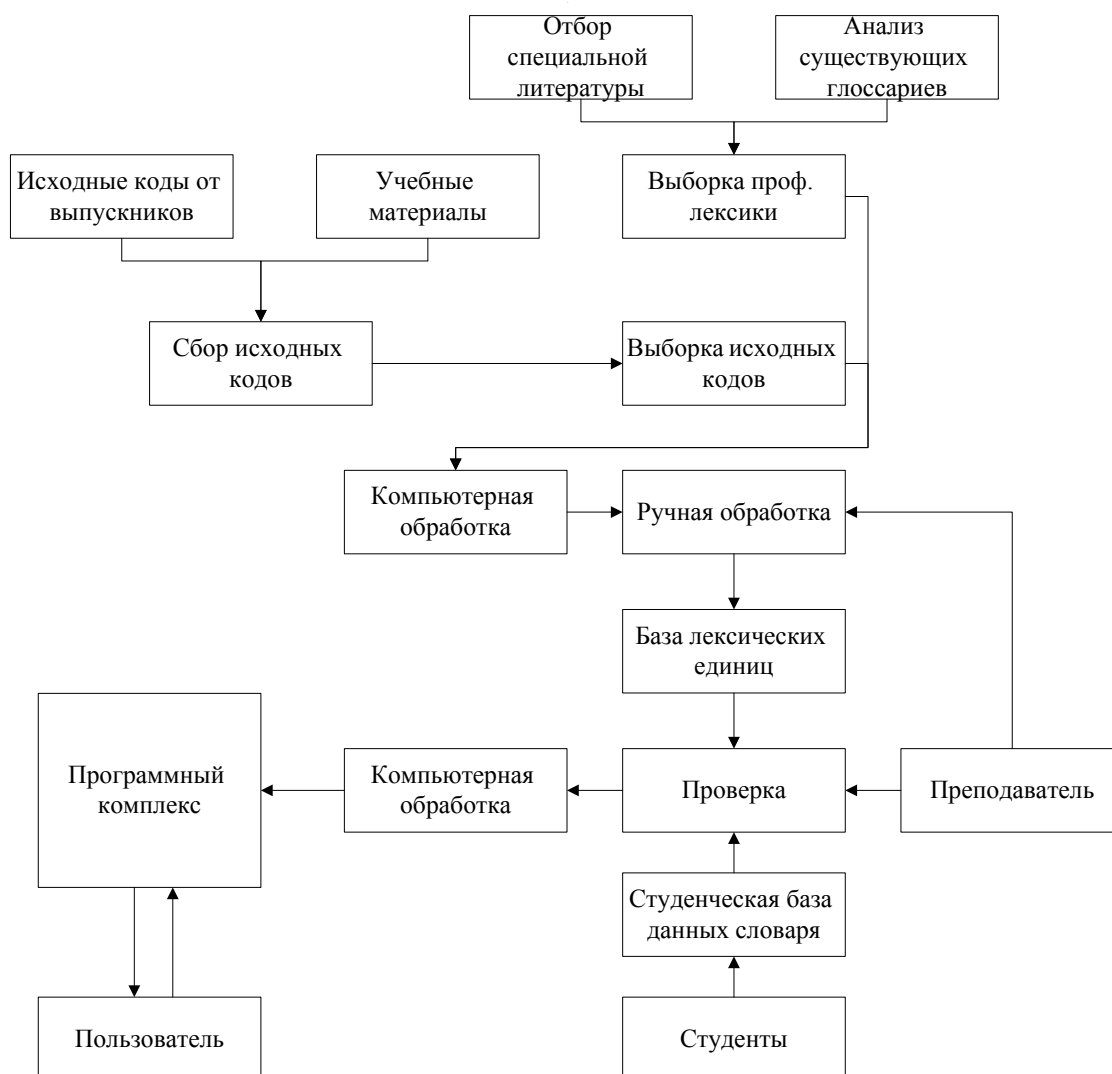


Рис. 1. Структурно-функциональная модель оптимизации усвоения профессиональной лексики ИТ-средствами

ном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)

ОПК-5. Способен устанавливать программное и аппаратное обеспечение для информационных и автоматизированных систем;

ОПК-8. Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического применения.

Исходя из вышесказанного, мы решили повысить эффективность усвоения данных компетенций в процессе обучения именно у студентов данного направления средствами двух дисциплин — иностранный язык (английский) и программирование. Все дело в том, что с компьютерами общаются в основном на английском языке и тому есть ряд причин, несмотря на то что

язык этот весьма метафоричен и разнообразен, ему еще свойственна лаконичность. Кроме того, подавляющее большинство компьютерных терминов, языков программирования и названия аппаратных платформ изначально появились на английском языке, и в дальнейшем вошли в другие языки, сохранив свое звучание, в некоторых случаях более, а в некоторых менее напоминающих исходные варианты [5, 6]. Это еще одна причина того, что английский стал языком, на котором проще всего отдавать команды компьютеру и проще давать названия. Кроме того, документацию или помощь в интернете в узкоспециализированной области программирования намного легче найти на английском, и почти невозможно — на русском.

В рамках исследования нами так же были выделены дополнительные причины необходимости углубленно-

го изучения английского языка будущими IT специалистами, а именно:

1. При компиляции и отладке исходного кода на любом языке программирования все системные сообщения, например, об ошибках в синтаксисе выдаются системой программирования на английском языке.
2. Основные ключевые слова и названия конструкций практически любого языка программирования — это английские слова, функциональное назначение которых легче запомнить, понимая перевод этих ключевых слов с английского языка.
3. Название функций языка программирования C++ достаточно часто получены путем «выбрасывания» гласных букв из английских слов или сочетаний, обозначающих то действие, которые эти функции выполняют.

Очевидно, что студентов IT-специальностей обучение должно происходить с использованием самых современных средств, обладающих потенциалом изменяться с течением времени [7]. Данное требование в полной мере реализуется только в программных обучающих средствах [8, 9]. С этой целью был разработан исходный программный комплекс для усвоения профессиональной английской лексики, которая, помимо всего прочего, позволяет отслеживать практические результаты их использования в учебном процессе.

В основе данного программного комплекса лежит структурно-функциональная модель оптимизации усвоения профессиональной лексики IT-средствами, представленная на рис. 1, которая позволяет упростить процесс разработки лексических баз данных и программного обеспечения.

Эта модель представляет собой две взаимосвязанные части, а именно блок, содержащий этапы подготовки и создания базы данных лексических единиц и исполняемый программный блок для обучения и тестирования студентов.

Подготовительный блок включает в себя следующие взаимосвязанные этапы подготовки и создания базы данных лексических единиц:

- ◆ **сбор исходных кодов.** На данном этапе выполнен сбор исходных кодов программ, выполненных на лабораторных и практических работах в рамках учебных дисциплин студентами и исходных кодов программ, написанных выпускниками на разных языках программирования в процессе их профессиональной деятельности.
- ◆ **выбор профессиональной лексики.** На данном этапе выполнен отбор специальной литературы,

используемой при обучении английскому языку в рамках учебных дисциплин IT профиля. Так же на данном этапе проведен анализ существующих глоссариев с целью поиска наиболее употребляемых профессиональных IT терминов.

- ◆ **выборка исходных кодов** содержит результирующий набор данных, полученный на этапе сбора исходных кодов для последующей компьютерной и ручной обработки.
- ◆ **выборка профессиональной лексики** содержит результирующий набор данных, полученный на этапе выбора профессиональной лексики для последующей компьютерной и ручной обработки.
- ◆ **компьютерная обработка**, ставит своей целью «грубое» ранжирование лексических единиц для получения набора наиболее часто встречаемых слов, и, в свою очередь, включает в себя фильтрацию и частотный анализ.

Фильтрация необходима для приведения текстового набора исходных кодов и профессиональной лексики к виду, пригодному для использования в качестве словарных значений.

Для этого удалены зарезервированные символы и шифры, символы табуляции и двойные пробелы; русские слова (такие как комментарии, обращения к пользователям, названия пунктов меню и так далее); служебные слова английского языка (такие как артикли, предлоги, союзы); международные слова.

После этапа фильтрации проведен частотный анализ с целью выявления наиболее часто встречаемых и так называемых «важных» лексических единиц [10].

В рамках частотного анализа было выполнено ранжирование по частоте использования всего массива тестовых данных и разделение на несколько групп в зависимости от частоты появления лексических единиц [11].

Первую группу, включающую в себя ключевые слова, составили те слова, что встретились два или более раза на триста слов. Данный предел был определен эмпирически.

Ко второй группе, включающей в себя редко используемые, но при этом важные слова, были отнесены те слова, что встречались не чаще одного раза на во семьсот слов.

Третья группа определена как совокупность незначимых слов: сюда отнесены все остальные слова, не вошедшие в первые две группы.

- ♦ **ручная обработка** необходима для более «тонкой» выборки полученного на этапе компьютерной обработки набора лексических единиц с целью исключения из данного набора слов, не представляющих существенного значения с точки зрения изучения английского языка.

Ручная обработка включает в себя, во-первых, фильтрацию слов из первой группы в соответствии со следующими особенностями:

- ♦ удаление редко используемых словосочетаний, которые не являются фиксированными словосочетаниями;
- ♦ замена сокращений полным словом или словосочетанием;

Во-вторых, удаление слов из второй группы (полученной в результате компьютерной обработки), которые, по мнению преподавателя иностранного языка, не важны или используются нечасто;

В-третьих, добавление русского перевода к английским словам или словосочетаниям, с использованием англоязычной части интернет-ресурсов и профессиональных форумов программистов и IT-специалистов.

В результате был получен выбранный список из примерно 500 лексических единиц. Таким образом, оригинальная (авторская) лексическая база создана на основе глоссариев, представленных в учебной литературе для студентов IT-специальностей, а также научных и публицистических текстов по специальности из первоисточников. Были проанализированы глоссарии и тексты и получена лексическая база с использованием метода компиляции, проверяющего базовый уровень владения профессиональной лексикой.

База данных является тестовым документом, содержащим строковое представление словарных значений в следующем формате:

Слово на русском языке [второе значение слова и т.д.]! Перевод слова на английский язык

При этом символ «!» используется в качестве разделителя.

Далее разработанная авторами модель включает исполняемый программный блок для обучения и тестирования, который в свою очередь, основывается на вышеупомянутой, полученной базе данных лексических единиц.

Функционал программного блока для обучения и тестирования на данный момент включает в себя воз-

можность тренингов и тестирования, однако обладает потенциалом для расширения и дополнения, как в части лексического наполнения, так и в части обучающих возможностей за счет усовершенствования программного обеспечения.

В реализации данного комплекса предполагаются три действующие ролевые модели, а именно: «Преподаватель», «Администратор» и «Студент». Разделение по ролевым моделям предполагает использование учетных записей различного уровня доступа и необходимость авторизации пользователя при использовании программного блока.

Пользовательская роль «Преподаватель» предполагает наличие возможности контроля над ходом учебного процесса. Каждому преподавателю доступны для просмотра и редактирования результаты тестирования назначенных ему администратором групп. Преподаватель имеет возможность изменять параметры тренинга и тестирования, как в сторону усложнения, так и упрощения заданий. Кроме того, именно преподаватель по мере необходимости может модифицировать базы лексических единиц, а также добавить новые для углубленного изучения профессиональной лексики.

Пользовательская роль «Администратор» закладывается на этапе разработки разработчиком и предоставляет право на расширенный, относительно роли «Преподаватель», функционал. К функциям, доступным преподавателю добавляют следующие возможности:

- ♦ создание базы данных учетных записей пользователей уровня «Студент» (создание новых учетных записей, модификация и удаление существующих учетных записей, смена паролей пользователей);
- ♦ создание базы данных учетных записей пользователей уровня «Преподаватель»; (создание новых учетных записей, модификация и удаление существующих учетных записей преподавателей, смена паролей пользователей, назначение доступных преподавателю групп);

Пользовательская роль «Студент» предполагает использование программного комплекса исключительно для учебных целей, а именно прохождения тестирования и тренинга.

Программный комплекс, используемый в рамках учебных дисциплин, предоставляет пользователю с ролью «студент», написанный с использованием вышеупомянутого списка, имеет следующие функции:

- ♦ тренинг (списки по 20 слов в каждом, затем презентация в форме «перевод слов»);

- ♦ тестирование (множественный выбор или сопоставление слов (словосочетаний)) в обоих направлениях с русского языка на английский и наоборот.

По нашим наблюдениям в ходе образовательного процесса сегодня большинство студентов ориентированы на личностное самосовершенствование и приобретение индивидуального знания. Поэтому в рамках творческой составляющей при реализации учебного процесса на основе разработанной авторами модели студентам было предложено усовершенствовать авторскую базу данных лексических единиц путем ее дополнения. Данная работа выполнялась в рамках проектных заданий по изучаемым дисциплинам. Студенты были разделены на две группы, перед которыми были поставлены разные, но при этом взаимодополняющие цели.

На первом этапе для создания собственной базы данных студенты первой группы изучали англоязычные форумы и блоги программистов, а также видеозаписи в Youtube и описание к ним с целью поиска часто используемых сленговых и «жаргонных» лексических единиц [12].

Студенты второй группы занимались анализом интерфейса наиболее распространенных систем программирования в английской версии. Их задачей являлось выбрать исходные определения названий различных функций систем программирования (Debug, Release и т.д.), параметров настройки окон, инструментов и свойств и т.д. При работе в англоязычной версии программы это значительно экономит время адаптации к работе с ней, а также облегчает работу и в русскоязычной версии (т.к. не все элементы переведены).

На втором этапе создания собственной лексической базы данных студенты обобщили и выполнили анализ собранных слов. Для повторяющихся слов были указаны веса, соответствующие частоте повторения, так для слова, встреченного дважды, указывается вес равный 2, а для слов без повторения вес равен 1. В соответствии с присвоенными весами слова были ранжированы по частоте встречаемости в наборе, при этом повторяющиеся слова были включены в набор только один раз.

Третий этап предполагал присвоение перевода каждому слову, включенному в лексическую базу данных, после чего работа была проверена преподавателем иностранного языка для возможной корректировки значений.

Последний технический этап заключался в приведении слов из полученной студентами базы данных к соответствующему виду строковых представлений словарных значений, принятых в исходной авторской базе данных.

В ходе исследования нами были получены следующие результаты:

Помимо создания структурно-функциональной модели и на ее основе лексической базы данных, успешно применяемых преподавателями и студентами в учебном процессе [13, 14, 15], мы мотивировали студентов к усовершенствованию программного комплекса, а также к дополнению исходной базы данных.

В частности, усвоение большего количества лексических единиц было достигнуто при создании ими «проектных» баз данных с использованием современного программного жаргона, которые так же обновляют разработанную авторами базу.

Более того, в отличие от авторов [15], мы наблюдали у обучающихся повышение уровня владения лексическими единицами специального английского языка. При этом упрощалось понимание комментариев и сообщений компилятора о системных ошибках.

Мы предполагаем, что разработанный программный комплекс может быть использован в рамках профессионального изучения иностранного языка, для итогового и промежуточного тестирования студентов по модулям.

Также в будущем возможно создание автоматизированной системы для сбора и лексико-графического анализа информации из блогов и форумов программистов в так называемой англоязычной части Интернета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фролова, Н.Х. Образовательная модель на основе электронных ресурсов для групповой подготовки программных инженеров / Н.Х. Фролова, И.А. Поваренкина // Инженерное образование. — 2019. — № 26. — С. 84–91.
2. Samson Onyeluka Chukwuedo, Felicia O. Mbagwu, Theresa Chinyere Ogbuanya Motivating academic engagement and lifelong learning among vocational and adult education students via self-direction in learning // Learning and Motivation, Vol. 74, May 2021
3. Kun Guo, Haizhi Wang, Xing Ge Lifelong Learning Capabilities of College Students Boosting by Information Technology on Education IERI Procedia volume 2 (2012) 241–246 // 2012 International Conference on Future Computer Supported Education

4. Федеральный Государственный Образовательный Стандарт высшего образования — бакалавриат по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника [Электронный ресурс]: Национальная ассоциация развития образования и науки [Официальный сайт]. URL: <https://fgos.ru/fgos/fgos-09-03-01-informatika-i-vychislitel'naya-tehnika-929> (Дата обращения: 10.01.2020).
5. Миньяр-Белоручева, А.П. К вопросу о принципах создания профессионально ориентированного учебника по английскому языку / А.П. Миньяр-Белоручева // Проблемы филологии: язык и литература. — 2010. — № 2. — С. 93–102.
6. Иваненко, К.В. Потенциал использования компьютерных технологий в переводческих исследованиях / К.В. Иваненко // Наука без границ: Англистика в XXI веке: Материалы Международной научной конференции, Москва, 13–15 октября 2021 года / Отв. редактор Е.Е. Голубкова. — Москва: Московский государственный лингвистический университет, 2021. — С. 60–64.
7. Helena Santos, João Batista, Rui Pedro Marques Digital transformation in higher education: the use of communication technologies by students *Procedia Computer Science* Vol. 164, 2019, Pages 123–130
8. Ansuman Sar, Satya Narayan Misra An empirical study to examine the components of technology-enabled distance education affecting students' perception *Materialstoday: proceedings Dcember 2020*
9. Student model implementation in the digital educational environment for IT specialists training / A.N. Shvetsov, A.P. Sergushicheva, I.A. Andrianov [et al.] // *Journal of Physics: Conference Series, Krasnoyarsk, 08–09 октября 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall.* — Krasnoyarsk, Russian Federation: IOP Publishing Limited, 2020. — P. 12080.
10. Харина М.В. Применение частотных словарей в процессе развития англоязычной лексической компетенции студентов ИТ-направлений. *Открытое образование.* 2018;22(5):65–73.
11. К проблеме создания списка высокочастотных слов и выражений немецкого языка для специальных целей / М.С. Коган, А.М. Ярошевич, А.Ю. Колотаева [и др.] // *Компьютерная лингвистика и вычислительные онтологии.* — 2018. — № 2. — С. 44–55.
12. Andrzej Szymkowiak, Boban Melović, Marina Dabić, Marina Dabić, Gagandeep Singh Kundi Information technology and Gen Z: The role of teachers, the internet, and technology in the education of young people *Technology in Society* vol. 65, May 2021 101565
13. Lijiang Yang Application of Artificial Intelligence Technology in College English Teaching *BDCPS2021: 2021 International Conference on Big Data Analytics for Cyber-Physical System in Smart City* pp 1335–1342
14. Xinan Huang Relationship Between Learning Behavior and Learning Effect Based on Big Data *BDCPS2021: 2021 International Conference on Big Data Analytics for Cyber-Physical System in Smart City* pp 371–379
15. Yu L. Influence of Big Data Statistical Analysis Technology on Informational Learning Mode. In: Atiquzzaman M., Yen N., Xu Z. (eds) *2021 International Conference on Big Data Analytics for Cyber-Physical System in Smart City. BDCPS2021. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol 102. Springer, Singapore.
16. Marcos Fernández-Gutiérrez, Gregorio Gimenez, Jorge Calero, Is the use of ICT in education leading to higher student outcomes? Analysis from the Spanish Autonomous Communities, *Computers & Education*, Volume 157.

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕМЕЙСТВ ТОЧЕК В ЗАДАЧЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ СТЕПЕНИ НЕВЫРОЖДЕННОСТИ СИМПЛЕКСА

ON ONE METHOD OF INVESTIGATING FAMILIES OF POINTS IN THE PROBLEM OF CALCULATING THE DEGREE OF NON-DEGENERACY OF A SIMPLEX

A. Igumnov

Summary. The degree of non-degeneracy of a simplex (tetrahedron) in is understood as a quantitative quantity that characterizes its difference from a degenerate one (if the simplex in question is degenerate, then this difference is zero). One of the ways to calculate the degree of non-degeneracy

it consists in considering the vertices of the simplex as a numbered set of points.

By introducing a metric on the set of such sets defined by all possible simplices (with the same number of vertices), the degree of non-degeneracy can be considered as the distance from to the set of sets defined by degenerate simplices. The task is reduced to the study of the set in order to identify in it the families closest to.

The previously proposed research scheme boils down to splitting the set into parts and examining each of them based on the empirical classification of elements of families of the set. The use of this classification leads to a significant amount of calculations already in the simplest case.

In this paper, a different, uniform classification of the elements of the families of the set is proposed. As an example, a new study of families in the case is carried out and a finite class of families sufficient to calculate the desired characteristic is presented. The results of the article can be used both for theoretical and practical application in the tasks of determining the quality of the grid, preserving the properties of the grid with a certain type of mapping, grid generation tasks.

Keywords: non-degeneracy of the simplex, triangular grids, grid quality.

Игумнов Александр Юрьевич

Кандидат физико-математических наук, Волжский политехнический институт, филиал Волгоградского государственного технического университета, г. Волжский
IAJu1965@mail.ru

Аннотация. Под степенью невырожденности симплекса (тетраэдра) в R^n понимается количественная величина, характеризующая отличие его от вырожденного (если рассматриваемый симплекс вырожден, то это отличие нулевое). Один из способов подсчета степени невырожденности заключается в рассмотрении вершин симплекса как нумерованного набора точек X .

Введя метрику на множестве таких наборов, определенных всевозможными симплексами (с одинаковым количеством вершин), степень невырожденности можно рассматривать как расстояние от X до множества Z наборов, определяемых вырожденными симплексами. Задача сводится к исследованию множества Z на предмет выявления в нем семейств, ближайших к X .

Предложенная ранее схема исследования сводится к разбиению множества Z на части и исследованию каждой из них на основании эмпирической классификации элементов семейств множества Z . Использование этой классификации приводит к значительному объему выкладок уже в случае R^2 — самом простом.

В данной работе предлагается иная, единообразная классификация элементов семейств множества Z . В качестве примера проведено заново исследование семейств в случае R^2 и предъявлен конечный класс семейств, достаточный для вычисления искомой характеристики. Результаты статьи могут служить как для теоретического, так и для практического применения в задачах определения качества сетки, сохранения свойств сетки при определенном виде отображения, задачах генерации сетки.

Ключевые слова: невырожденность симплекса, треугольные сетки, качество сетки.

Введение

Вопросам получения числовых характеристик сеток посвящено большое количество работ. С некоторыми конкретными примерами можно ознакомиться по работам [1, 3, 5]. Классическим результатом в области определения условий гарантирующих сохранение свойств сетки является теорема Альфорса

о сохранении ориентации треугольника при квазиконформном отображении [1]. Из относительно недавних работ в указанной области укажем [4, 6, 7].

В работе [9] было введено понятие k -точечных семейств (пронумерованных наборов k точек в R^n) и показано, что на них можно задать метрику (далее — ρ -расстояние). Там же приведено в явном виде выражение

для ρ -расстояния от заданного треугольника до множества вырожденных треугольников (функция длин сторон треугольника) и показано, что равносторонний треугольник является, в сравнении с другими, наиболее отдаленным от множества вырожденных треугольников. В работе [10], как пример применения понятия ρ -расстояния было получено достаточное условие сохранения ориентации треугольника при квазиизометрическом отображении.

В данной работе пересматриваются доказательства результатов работы [10], относящиеся к способу вычисления расстояния от данного семейства (треугольника) до множества вырожденных семейств (треугольников), с целью уменьшить объем выкладок в доказательствах. Причиной большого объема является неудачная эмпирическая классификация взаимного расположения отрезков и точек семейства, что хорошо видно по громоздкости доказательств аналогичных теорем для 4-точечных семейств (см. [11]). В основе пересмотра лежит предлагаемая простая и единообразная (по числу точек семейства) классификация взаимного расположения элементов семейства (позиции точек).

Семейства точек

Следуя [9] приведем основные понятия и определения. Семейством k точек в R^n или k -точечным семейством будем называть отображение $F : I \rightarrow R^n$, где $I = \{1, \dots, k\}$ — отрезок натуральных чисел. Табличное задание отображения F будем записывать как

$$F = \left\{ \begin{matrix} 1 & 2 & \dots & k \\ F(1) & F(2) & \dots & F(k) \end{matrix} \right\}.$$

Значения $F(i)$ будем называть точками семейства. Для k -точечных семейств F, G зададим набор чисел $\mathcal{A}(F, G)$ как набор отношений расстояний между одинаково нумерованными парами точек семейств F, G за исключением отношений вида

$$\frac{0}{0};$$

$$\mathcal{A}(F, G) = \left\{ \frac{|F(i)F(j)|}{|G(i)G(j)|}, (i, j) : 1 \leq i < j \leq k, \right.$$

$$\left. |F(i)F(j)| + |G(i)G(j)| > 0 \right\}$$

(здесь $|\dots|$ — евклидова длина отрезка); и определим величину ρ следующим образом:

$$\rho(F, G) = 0 \text{ если для всех } i, j |F(i)F(j)| = 0$$

$$\text{и } |G(i)G(j)| = 0$$

$$\rho(F, G) = \log \frac{\max \mathcal{A}(F, G)}{\min \mathcal{A}(F, G)}, \text{ иначе,}$$

зафиксировав в качестве основания логарифма некоторое число, большее единицы, и полагая

$$\frac{a}{0} = +\infty, \log(+\infty) = +\infty.$$

Величина ρ инвариантна относительно ортогональных преобразований пространства R^n (т.е. для ортогональных преобразований $O', O'' : R^n \rightarrow R^n$ имеем $\rho(O' \circ F, O'' \circ G) = \rho(F, G)$) и является расстоянием между классами ортогонально эквивалентных (т.е. совмещаемых ортогональными преобразованиями) семейств, представителями которых являются семейства F, G . Далее величину $\rho(F, G)$ будем называть расстоянием (а также ρ -расстоянием) между семействами F, G . Величина ρ есть евклидова длина отрезка

$[\min \mathcal{A}(F, G), \max \mathcal{A}(F, G)]$, отложенного на логарифмической шкале (полагая $\log 0 = -\infty$).

Пусть U — некоторое множество k -точечных семейств. Расстояние от k -точечного семейства F до множества U определим стандартным образом: $\rho(F, U) = \inf_{U \in U} \rho(F, U)$. Связь между треугольниками и трехточечными семействами следующая. Всякое семейство определяет треугольник, вершинами которого являются точки семейства. Всякому треугольнику соответствует 3! семейств, каждое из которых определяется некоторой нумерацией его вершин. В качестве меры невырожденности треугольника полагается ρ -расстояние от семейства, определяемого некоторой нумерацией его вершин, до множества семейств, каждое из которых определяет вырожденный треугольник (т.е. все значения семейства лежат на одной прямой).

Общая схема исследования

Следуя [9] дадим общее описание схемы исследования некоторого множества семейств точек на предмет вычисления расстояния от некоторого заданного семейства до этого множества.

Пусть Z — некоторое множество семейств вида $Z : I \rightarrow R^n$. Всякое семейство $X : I \rightarrow R^n$ такое, что $X(i) \neq X(j)$ при $i \neq j$, задает разбиение множества Z на подмножества $Z_p^q(X)$ (некоторые из них могут быть пустыми), определяемые следующим образом: $Z \in Z_p^q(X)$ тогда и только тогда когда в наборе $\mathcal{A}(X, Z)$ имеется ровно p минимальных значений и ровно q максимальных. Тогда, очевидно, $\rho(X, Z) = \min \rho(X, Z_p^q(X))$, где минимум берется по всем допустимым сочетаниям значений p и q . Далее каждое из множеств $Z_p^q(X)$ исследуется на предмет выявления в нем семейств, заведомо не являющихся ближайшими к семейству X . Обозначив множество,

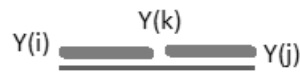


Рис. 1. Невозможная конфигурация

составляемое такими семействами, как \mathcal{Z}' (сразу для всех p, q), имеем: $\rho(X, \mathcal{Z}) = \rho(X, \mathcal{Z} \setminus \mathcal{Z}')$. При благоприятных обстоятельствах (например, если множество $\mathcal{Z} \setminus \mathcal{Z}'$ конечно и количество его элементов практически приемлемо для подсчета расстояний от X до каждого из семейств этого множества) величина $\rho(X, \mathcal{Z} \setminus \mathcal{Z}')$ может быть вычислена явно.

Принадлежность семейства Z множеству $\mathcal{Z}_p^q(X)$ может быть обозначена указанием отрезков $Z(i)Z(j)$ семейства, для которых величина $|Z(i)Z(j)|/|X(i)X(j)|$ минимальна (такие отрезки будем обозначать синим цветом), и отрезков, для которых величина $|Z(i)Z(j)|/|X(i)X(j)|$ максимальна (такие отрезки будем обозначать красным цветом). Остальные отрезки и, соответственно, точки будем изображать черными или никак не изображать. Величину ρ будем изображать на логарифмической шкале, указывая синими точками минимальные величины $|Z(i)Z(j)|/|X(i)X(j)|$, красными — максимальные. Изменение величины ρ вследствие смещения точки исследуемого семейства будем изображать таким же образом на второй логарифмической шкале (под первой и выровненной с ней). Шкалы будем подписывать обозначениями данного семейства — Y — и семейства, получившегося в результате смещения — Y' . Смещения полагаем настолько малыми, что черные отрезки семейства остаются черными. Если смещение точки семейства приводит к укорачиванию отрезка $[\min A(F, G), \max A(F, G)]$, то это означает получение семейства Y' такого, что $\rho(X, Y') < \rho(X, Y)$. За смещаемыми по логарифмической шкале цветными точками будем сохранять прежнюю раскраску. Окраску отрезков и точек будем кодировать (на случай одноцветной печати): для отрезков — толщиной линии (тонкая — синий цвет, толстая — красный), для точек — формой (кружок — синий цвет, квадратик — красный).

Основной результат

Обозначим \mathcal{Y}_0 множество 3-точечных семейств Y , значения каждого из которых лежат на некоторой прямой. Конфигурацией семейства будем называть всякое взаимное расположение каких-либо окрашенных отрезков семейства. Про конфигурацию будем говорить, что она входит в состав семейства.

Лемма 1. Пусть Y — семейство, определяющее некоторый невырожденный треугольник. Тогда в состав

семейства не может входить конфигурация вида, показанного на рис. 1.

Доказательство. Для конфигурации, указанной в заключении леммы, имеем:

$$\frac{|Y(i)Y(k)|}{|X(i)X(k)|} = \frac{|Y(j)Y(k)|}{|X(j)X(k)|}.$$

Применив подходящее ортогональное преобразование можно полагать, что общее значение этих величин равно 1, т.е.

$$|Y(i)Y(k)| = |X(i)X(k)|, \quad |Y(j)Y(k)| = |X(j)X(k)|.$$

Построение семейства Y по семейству X при соблюдении последнего условия можно наглядно представить как результат развертывания угла $X(k)$ в треугольнике $X(1)X(2)X(3)$ до 180° . При таком преобразовании длина отрезка $X(i)X(j)$ может только увеличиться, что противоречит указанной в конфигурации раскраске отрезков.

Лемма доказана.

Дадим определение ключевого в проводимом исследовании понятия.

Определение 1. Будем говорить, что позиция точки a семейства $Y \in \mathcal{M}$ положительна, если существует такое достаточно малое смещение точки a , при котором:

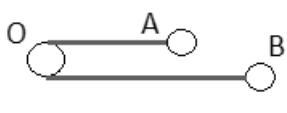
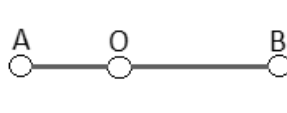
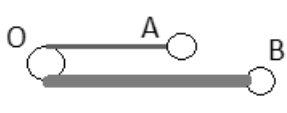
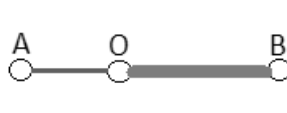
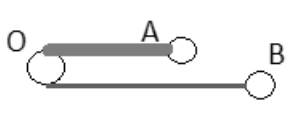
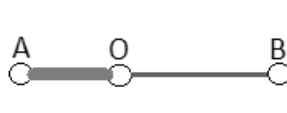
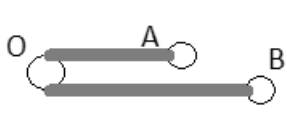
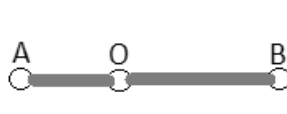
- ♦ смещаемое семейство остается в множестве \mathcal{M} ;
- ♦ длины всех инцидентных точке a синих отрезков увеличиваются, длины красных — уменьшаются.

Если для точки a приведенное определение не выполняется, то будем говорить, что позиция точки a неположительна.

Для семейств множества \mathcal{Y}_0 полагаем: \mathcal{M} — прямая, на которой расположены точки семейства. Точку семейства, инцидентную ровно одному окрашенному отрезку, будем называть свободной вершиной этого отрезка. Для семейства $Y \in \mathcal{Y}_0$ положительность позиции свободной вершины очевидна (как для синего отрезка, так и для красного).

Классифицируем позиции точки, инцидентной ровно двум окрашенным отрезкам. Обозначим: O — смещаемая точка 3-точечного семейства $Y \in \mathcal{Y}_0$; A ,

Таблица 1. Позиции общей вершины двух окрашенных отрезков

OA	OB	$\vec{OA} \uparrow \uparrow \vec{OB}$	$\vec{OA} \uparrow \downarrow \vec{OB}$
с	с		
		Рис.2. Положительная позиция	Рис.3. Неположительная позиция
с	к		
		Рис.4. Неположительная позиция	Рис.5. Положительная позиция
к	с		
к	к	Рис.6. Неположительная позиция	Рис.7. Положительная позиция
			
		Рис.8. Положительная позиция	Рис.9. Неположительная позиция

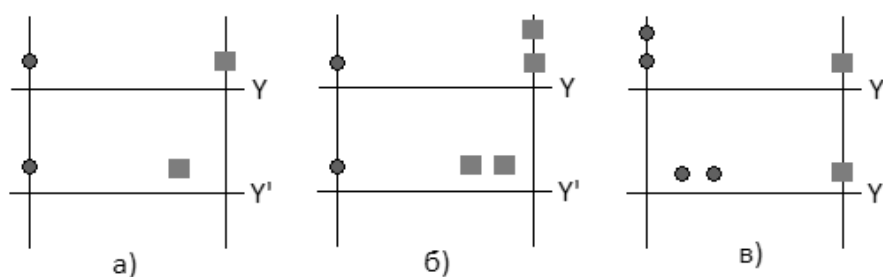


Рис. 10. Смещения точек на логарифмической шкале: а) смещение красной точки; б) смещение двукратной красной точки; в) смещение двукратной синей точки.

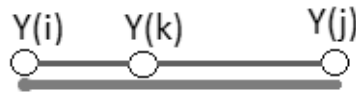


Рис. 11. Семейство класса \mathcal{K} .

B — концы отрезков, инцидентных точке O . На схематических изображениях семейства Y отрезок OA будем изображать короче, чем отрезок OB . Отрезки OA и OB будем рассматривать как векторы \vec{OA} и \vec{OB} . Взаимное расположение точек O, A, B на прямой будем классифицировать по признакам $\vec{OA} \uparrow \vec{OB}, \vec{OA} \updownarrow \vec{OB}$. В каждом случае следует изобразить отрезки семейства для каждого из 4-х вариантов раскраски отрезков OA и OB . Результаты представлены в таблице 1, где обозначено: s, k — цвета отрезков, синий и красный соответственно. Утверждения о позиции точки O , представленные графически в таблице 1, мы полагаем геометрически очевидными и принимаем их как первичные.

Для формулировки основной теоремы нам потребуются ввести в рассмотрение некоторый класс семейств.

Определение 1. Пусть X — семейство, определяющее невырожденный треугольник. Определим семейства $Y_{ijk} \in \mathcal{Y}_0$ следующим образом:

$$Y_{ijk} = \left\{ \begin{matrix} i & j & k \\ Y(i) & Y(j) & Y(k) \end{matrix} \right\}; |Y(i)Y(j)| = |X(i)X(j)|, \\ \frac{|Y(i)Y(k)|}{|Y(j)Y(k)|} = \frac{|X(i)X(k)|}{|X(j)X(k)|}.$$

Пологаем $\mathcal{K} = \cup_{ijk} Y_{ijk}$, где объединение берется по всем перестановкам множества $\{1, 2, 3\}$.

Теорема 1. Пусть X — семейство, определяющее невырожденный треугольник, $Y \in \mathcal{Y}_0$. Если $Y \notin \mathcal{K}$, то существует семейство $Y' \in \mathcal{Y}_0$, для которого выполнено: $\rho(X, Y') < \rho(X, Y)$.

Доказательство. 1) Пусть $Y \in \mathcal{Z}_1^1(X)$. В этом случае любой из окрашенных отрезков семейства имеет свободную вершину, позиция которой заведомо положительна. Смещая вершину, например, красного отрезка, получаем требуемое (см.рис.10 а).

2) Пусть $Y \in \mathcal{Z}_1^2(X)$. В этом случае красные отрезки семейства смежны. Если позиция общей вершины этих отрезков положительна, то смещая ее соответствующим образом, получаем требуемое (см.рис.10 б)).

Пусть позиция общей вершины двух красных отрезков неположительна. Соответствующая конфигурация приведена в таблице 1, рис. 9. Дополняя эту конфигу-

рацию синим отрезком получим конфигурацию вида, приведенного на рис. 1, что противоречит лемме 1.

3) Пусть $Y \in \mathcal{Z}_2^1(X)$. В этом случае синие отрезки семейства смежны. Если позиция их общей вершины положительна, то смещая ее получаем требуемое (см. рис.10 в)).

Пусть позиция этой вершины неположительна. Соответствующая конфигурация приведена в таблице 1, рис. 3. Дополняя эту конфигурацию красным отрезком, получим конфигурацию вида, приведенного на рис. 11.

Обозначим: $Y(k)$ — общая вершина двух синих отрезков; $Y(i), Y(j)$ — оставшиеся точки семейства. Согласно раскраске отрезков семейства имеем:

$$\frac{|Y(i)Y(k)|}{|X(i)X(k)|} = \frac{|Y(j)Y(k)|}{|X(j)X(k)|},$$

то есть

$$\frac{|Y(i)Y(k)|}{|Y(j)Y(k)|} = \frac{|X(i)X(k)|}{|X(j)X(k)|}. \tag{1}$$

Применив подходящее ортогональное преобразование можно полагать, что

$$\frac{|Y(i)Y(j)|}{|X(i)X(j)|} = 1, \text{ то есть}$$

$$|Y(i)Y(j)| = |X(i)X(j)|. \tag{2}$$

Из (1) и (2) выводим: $Y \in \mathcal{K}$, что исключено условием теоремы.

Теорема доказана.

Таким образом, для вычисления степени невырожденности треугольника достаточно посчитать расстояния от семейства, определяемого этим треугольником, до семейств класса \mathcal{K} (в количестве 3!) и взять наименьшее из них.

Заключение

Предложенный в работе метод выявления в множестве k -точечных семейств, представляющих вырожденные симплексы, семейств, предполагаемо ближайших к некоторому заданному семейству, основан на класси-

фикации точек семейства, по признаку положительности/неположительности их позиции. Введение понятия положительной позиции точки семейства позволяет сократить объем выкладок, сосредоточив внимание на семействах, не имеющих точек с положительной позици-

ей. Метод представляется применимым для получения аналогичных характеристик невырожденности симплексов большей размерности, получения достаточных признаков сохранения отношения смежности симплексов при определенных отображениях, и других.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев, А.С. Построение неструктурированных треугольных сеток с почти правильными ячейками / А.С. Лебедев // Вычислительные технологии. — 2010. — Т. 15, № 1. — С. 85–97
2. Альфорс, Л. Лекции о квазиконформных отображениях / Л. Альфорс. — М.: Мир, 1969. — 154 с.
3. Суков, С.А. Методы генерации тетраэдральных сеток и их программные реализации / С.А. Суков. — М.: Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша, 2015. — 23 с.
4. Болучевская, А.В. Сохранение ориентации симплекса при квазиизометричном отображении / А.В. Болучевская // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. — 2013. — Т. 13, № 1 (2). — С. 20–23.
5. Гилева, Л.В. Обоснование асимптотической устойчивости алгоритма триангуляции трехмерной области / Л.В. Гилева, В.В. Шайдуров // Сиб. журн. вычисл. матем. — 2000. — Т. 3, № 2. — С. 123–136.
6. Клячин, В.А. О гомеоморфизмах, сохраняющих триангуляцию / В.А. Клячин // Записки семинара «Сверхмедленные процессы». — Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2009. — Вып. 4. — С. 169–182.
7. Клячин, В.А. О линейных прообразах непрерывных отображений, сохраняющих ориентацию симплексов / В.А. Клячин, Н.А. Чебаненко // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 1, Математика. Физика. — 2014. — Т. 22, № 3. — С. 56–60.
8. Клячин, В.А. О линейных прообразах непрерывных отображений, сохраняющих ориентацию симплексов / В.А. Клячин, Н.А. Чебаненко // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 1, Математика. Физика. — 2014. — Т. 22, № 3. — С. 56–60.
9. Игумнов, А.Ю. Метризация пространства семейств точек в R^n и смежные вопросы / А.Ю. Игумнов // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 1, Математика. Физика. — 2016. — Т. 37, № 6. — С. 40–54.
10. Игумнов, А.Ю. О сохранении ориентации треугольника при квазиизометрическом отображении / А.Ю. Игумнов // Математическая физика и компьютерное моделирование. — 2018. — Т. 21, № 2. — С. 5–12.
11. Игумнов, А.Ю. О сохранении отношения смежности треугольников при квазиизометрическом отображении / А.Ю. Игумнов // Математическая физика и компьютерное моделирование, 2021, том 24, выпуск 4, страницы 34–52

© Игумнов Александр Юрьевич (IAJu1965@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ОБЛАЧНОГО ХРАНИЛИЩА И ПРОЦЕССОВ ОБМЕНА ДАННЫМИ ЧЕРЕЗ НЕГО

PRACTICAL IMPLEMENTATION OF CLOUD STORAGE AND DATA EXCHANGE PROCESSES THROUGH IT

**D. Kornienko
I. Ivannikov**

Summary. The article considers the problem of implementation and functioning of cloud data storage, and also develops models and methods for increasing the bandwidth of distributed telecommunication systems of highly accessible cloud data storage based on new access protocols. As a separate aspect, a comparative analysis of the proposed methods with existing ones was carried out and their effectiveness was proved. The system architecture is designed based on the proposed and modeled methods of organizing access to cloud storage. The practical implementation of cloud storage and data exchange processes through it has been carried out.

Keywords: personal data, protection, configuration, organization.

Корниенко Дмитрий Васильевич

Кандидат физико-математических наук,
доцент, Елецкий государственный университет им.

И.А. Бунина

dmkornienko@mail.ru

Иванников Илья Сергеевич

Аспирант, Елецкий государственный университет
им. И.А. Бунина

ivannikov.work@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблема внедрения и функционирования облачных хранилищ данных, а также разрабатывается модели и методы повышения пропускной способности распределенных телекоммуникационных систем высокодоступных облачных хранилищ данных на основе новых протоколов доступа. В качестве отдельного аспекта проведен сравнительный анализ предложенных методов с существующими и доказана их эффективность. Спроектирована архитектура системы на основе предложенных и смоделированных методов организации доступа к облачному хранилищу. Проведена практическая реализация облачного хранилища и процессов обмена данными через него.

Ключевые слова: персональные данные, защита, конфигурация, организация.

Данная статья является продолжением ранее опубликованной статьи о практической реализации облачного хранилища и процессов обмена данными через него. В данной части мы продолжим рассмотрение проблемы внедрения и функционирования облачных хранилищ данных. Информационный обмен между компонентами системы должен осуществляться с использованием локальных вычислительных сетей и глобальных сетей передачи данных [1; 2].

После получения запроса брандмауэром от пользователя, запрос попадает поочередно на доступный сервер приложений, статус доступности которого постоянно прослеживается на первом уровне. Два хранилища после аппаратного подключения, на аппаратном уровне подключаются как единое хранилище. Также на программном уровне настроена синхронизация данных между хранилищами, для обеспечения резервирования данных. Так, чрезвычайно быстро увеличивается быстродействие процессоров и объем оперативной памяти сервера программы без математически сложных алгоритмов не могут использовать полностью и упираются в количество пользователей, целесообразным является использование контейнеров (виртуализация

на уровне операционной системы). Тогда, структурно сервер приложения будет состоять из нескольких контейнеров и балансировщика нагрузки (рис. 1).

Для мониторинга доступности сервисов в контейнерах существует несколько программных средств, самым популярным из которых является keeralived. Их недостатком при использовании в нашей архитектуре является отсутствие группировки сервисов. Поскольку одним из ключевых требований является возможность доступа к данным по FTP протоколу различных пользователей разных компаний (каждая компания имеет свой hostname), нам нужно для каждой компании иметь свой IP-адрес доступа (специфика использования FTP). FTP-server имеет возможность поддерживать одновременное использование многих IP-адресов. В таком случае keeralived на каждый IP-адрес будет пробовать создавать соединения и проверять доступность, а если их будет достаточное количество, то нагрузки на сервер для проверки доступности контейнеров будут увеличиваться в геометрической прогрессии. Для решения данной проблемы, спроектирована система, которая полностью заменяет функции keeralived, и имеет возможности:

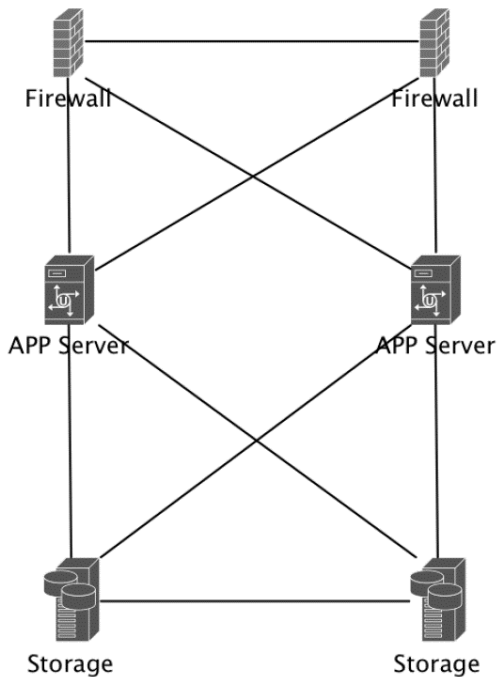


Рис. 1. Общая архитектура единичного хранилища

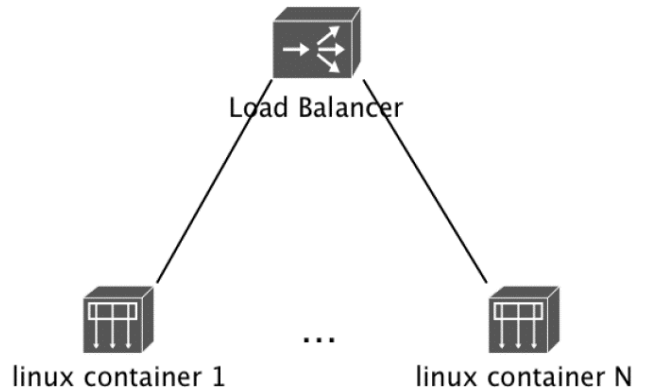


Рис. 2. Общая структура сервера приложения

- ◆ группировать IP-адреса и сервисы как один сервис (в случае недоступности, данный сервис перестает быть доступен по всем IP-адресам, которые указаны. И наоборот, в случае повторной доступности сервиса, сервисы по всем IP-адресам становятся снова доступны);
- ◆ хранение статистики за всеми IP-адресами и сервисам с учетом: о количестве запросов; о передаваемых данных; о полученных данных; о потере работоспособности сервиса; о восстановлении работоспособности сервиса.

Архитектурно Сателлит соответствует архитектуре сервера приложения из хранилища данных. Ему необходимо большого и надежного хранилища данных, поскольку он выступает исключительно «прокси-сервером» между клиентом и его данным. Также у нас нет необходимости его полностью дублировать, поскольку он не несет в себе критических данных и в случае выхода из строя, автоматически запросы, которые шли на него будут идти на ближние с ним, другие сателлиты.

В работе современного облачного хранилища данных, которое использует информационные системы, должны быть обеспечены как можно более рациональная организация информационный потоков, так и существенное повышение их интенсивности, то есть ускорение передачи и обработки информации, посту-

пающей от ее источника к потребителю. Для решения этих задач при проектировании информационной системы, прежде всего, проводится анализ информационных потоков, к:

- ◆ рассмотреть все звенья системы обработки и сохранения данных, начиная с получения исходных сведений, постепенное преобразование и формирование конечных данных, направляемых управляемой системе как команды в качестве отчетной и иной информации. При этом определяется роль каждого элемента системы в облачном хранилище данных, выполняемых системой и зафиксированных в схеме обработки данных, уточняется их структура и функции;
- ◆ построить схему информационных связей всех элементов системы между собой и внешней средой. В схеме могут оставаться сведения о конкретных формах информационных связей и указываются их количественные и временные характеристики;
- ◆ обнаружить первичные (выходные) для системы данные. Анализ потоков информации — важнейший этап в рационализации существующей системы хранилища данных, который должен обеспечить выполнение целевых задач проектирования.

Изучение потоков информации дает общее представление о функционировании системы и является

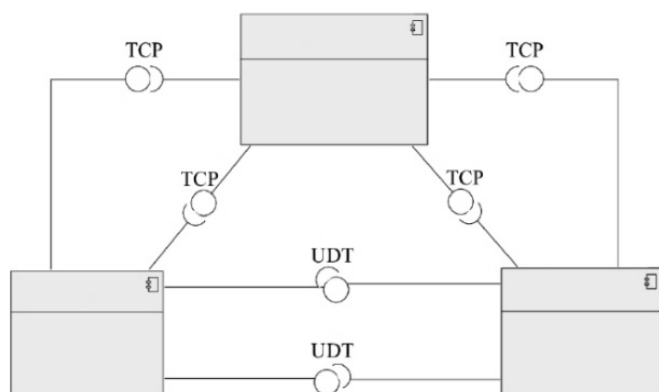


Рис. 3. Диаграмма взаимодействия основных элементов системы

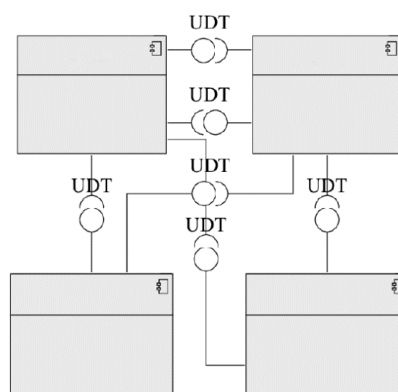


Рис. 4. Диаграмма размещения спутника

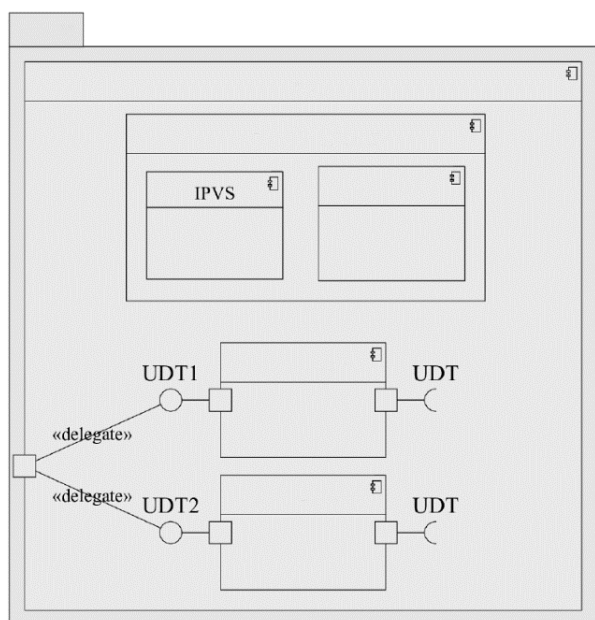


Рис. 5. Диаграмма размещения хранилища

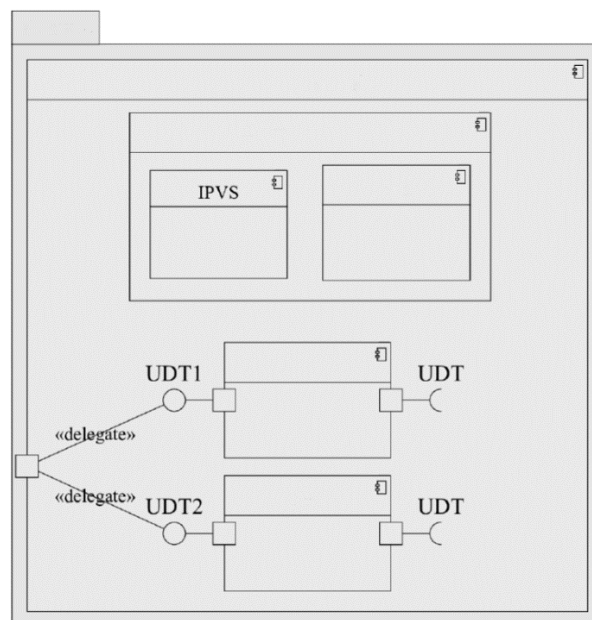


Рис. 6. Диаграмма взаимодействия хранилищ и спутников, разработана самостоятельно

первым шагом в анализе эффективного проектирования высоконагруженной системы обработки, хранения и передачи данных. Дальнейшее исследование информационных потоков позволяет выявить элементы информационного отображения объектов, отношения между ними, структуру и динамику потоков информации. Движение данных в системе, сопровождающееся соответствующими информационными потоками, является основой для обеспечения работы облачного хранилища данных. Между всеми элементами системы, функционирующие в среде хранилища данных, происходит непрерывное движение информационных потоков, которые обеспечивают поступления инфор-

мационных данных, необходимых для осуществления анализа и передачи клиентских данных. Основными элементами системы являются (рис. 2): хранилище данных — один из главных элементов системы, на котором физически и долгосрочно хранятся клиентские данные (рис. 3); спутник доступа к данным — элемент доступа к данным в системе, который находится как можно ближе к пользователям (потребителей данных), и имеет возможность временного хранения (кэширования) (рис. 4); DNS-сервер — элемент системы, принимающий динамические обновления от других элементов системы, и предоставляет достоверную и актуальную информацию пользователям данных.

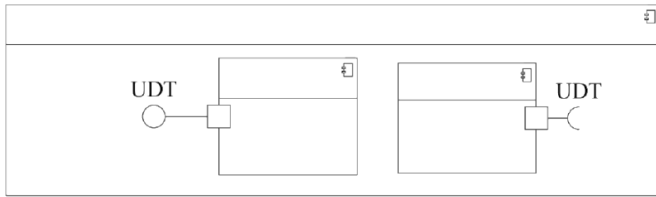


Рис. 7. Диаграмма размещения Контейнера хранилища

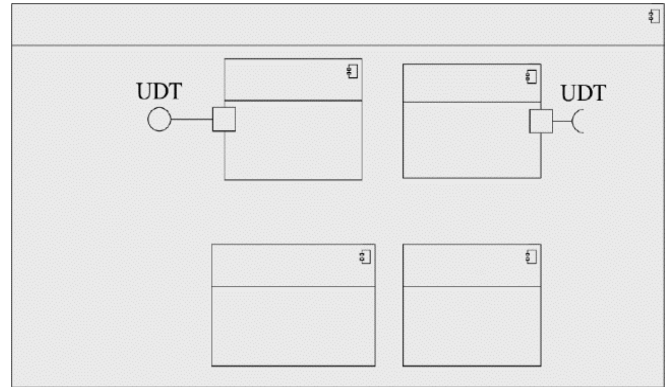


Рис. 8. Диаграмма размещения Контейнера спутник

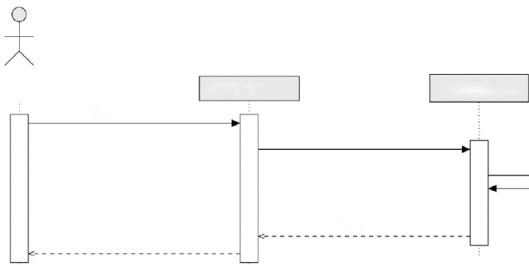


Рис. 9. Диаграмма последовательности поиска ближайшего спутника

Для актуализации информации о местонахождении доступных элементов системы и их доступности, используется DNS-сервер. Он выступает ключевым элементом информационного взаимодействия других элементов системы. Для этого каждый элемент системы с определенной периодичностью присылает информацию о себе и авторизуется на DNS-сервере используя TCP соединение (рис. 2). В свою очередь, другие элементы системы обмениваются информационными данными с помощью протокола данных, который основывается на UDT (рис. 5). Хранилища данных, как элемент системы управления данными активно потребляет информационные ресурсы и, соответственно, является получателем и отправителем информационных потоков. Спутник как элемент потребления данных также активно потребляет информационные ресурсы в двустороннем направлении. Для детального анализа потоков данных, стоит рассмотреть каждый элемент системы в разрезе данных и подсистем данного элемента.

Для максимального использования ресурсов системы, каждый физический сервер поделится на максимально независимые блоки (контейнеры). Кон-

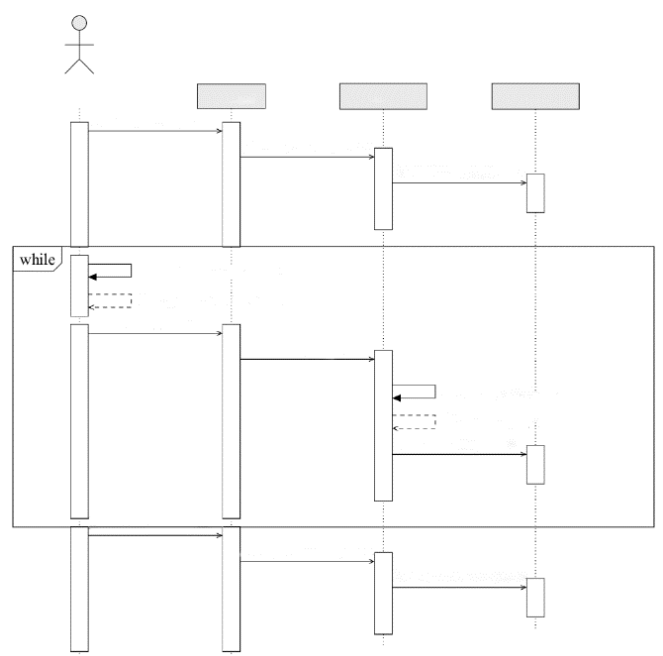


Рис. 10. Диаграмма последовательности загрузки данных

тейнеры — это система виртуализации на уровне операционной системы для запуска нескольких изолированных экземпляров ОС (operating system) Linux на одном компьютере. Они не используют виртуальные машины, а создают виртуальное окружение с собственным пространством процессов и сетевым стеком. Все экземпляры контейнеров используют один экземпляр ядра ОС, для максимальной эффективности их использования. Для обеспечения работы системы из нескольких контейнеров, в качестве одной системы использовано два типа (рис. 3, 4): контейнер «Балансер нагрузки»; контейнер приложения.

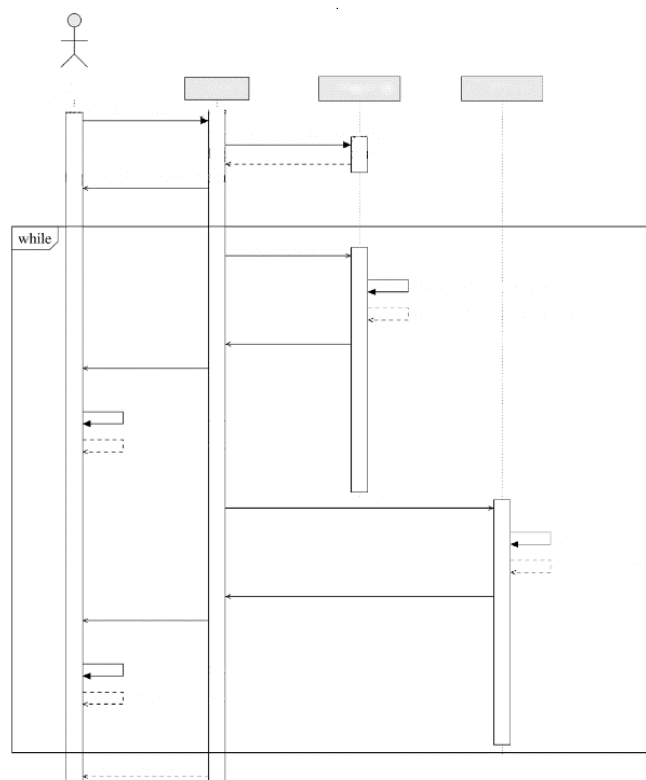


Рис. 11. Диаграмма последовательности доступа к данным

Балансер нагрузки выполняет роль прокси-сервера, который проверяет доступность контейнеров и переадресует полученные запросы в доступный контейнер для их обработки. Контейнер приложения — это полноценная копия программного приложения который обрабатывает запрос пользователя и возвращает ему результат работы. Контейнер хранилища данных (рис. 6) получает и выполняет запросы исключительно по протоколу UDT для чего в контейнере запущены независимые процессы UDT-сервер и UDT-клиент. С помощью данного протокола контейнер получает данные с других хранилищ даны или от клиентов через спутники, и отсылает данные другим хранилищам данных и клиентам с использованием спутников доступа к данным.

Контейнер приложения спутника (рис. 7) содержит в себе:

- ◆ UDT-сервер и UDT-клиент-для обмена данными с другими элементами глобальной системы хранилища данных.
- ◆ Web-сервер для простого доступа к данным для пользователей.
- ◆ Proftpd-сервер — предназначен для расширения функционала доступа к данным с помощью протоколов: FTP, FTPS, SFTP.

Рассмотрев функционал системы как отдельные бизнес-процессы системы, мы получим: Поиск ближайшего спутника доступа к данным. Загрузка данных на хранилище. Доступ к данным. Репликация данных.

Поиск ближайшего спутника доступа к данным изображен на рис. 8.

В случае, когда клиенту необходимо получить доступ к данным, программное приложение обращается к DNS-клиенту операционной системы с запросом получить IP-адрес системы используя доменное имя. В свою очередь DNS-клиент используя сеть DNS-серверов обращается к NS-серверам системы и он, используя IP-адресов клиента вычисляет оптимальный спутник доступа к данным, который «ближайший» (минимальное количество шагов и максимальная скорость) к нему.

Загрузка данных на хранилище происходит согласно рис. 9. Получив IP адресов ближайшего спутника, клиента авторизуется на сервисе и только после того, может получить доступ к данным. Когда клиенту необходимо загрузить документ, он с помощью программного приложения отправляет документ на спутник с использованием протокола TCP. Спутник в свою очередь кэширует данные и отправляет данные на храни-

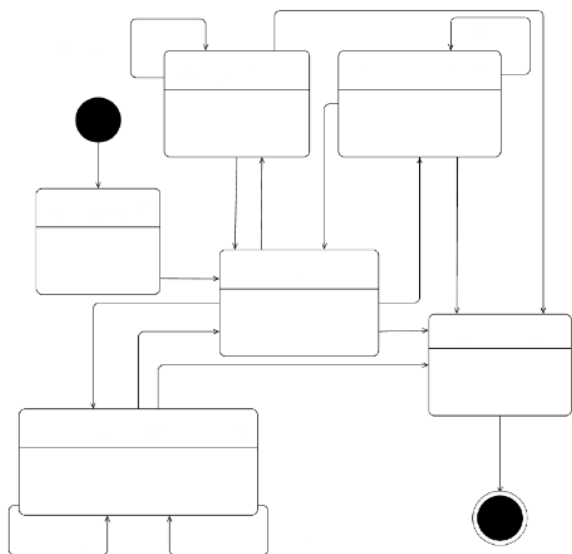


Рис. 12. Диаграмма состояний канала передачи данных

лище получения напрямую, или через ближайшее хранилище с использованием протокола UDT.

Доступ к данным демонстрирует рис. 10. В случае необходимости получения документа клиент с помощью программного приложения отправляет запрос на получение документа к спутнику с использованием протокола TCP. Спутник в свою очередь получает документ из хранилища напрямую или через другое хранилище с использованием протокола UDT. Документ временно кэшируется на спутнике и присылается клиенту (TCP).

В концепции глобальной сети существуют два подхода к реализации обмена данными: последовательная передача данных — передача данных последовательно по одному каналу связи; параллельная передача данных — передача данных параллельно по нескольким каналам связи. Преимуществом параллельной передачи данных является скорость передачи данных. Данный метод используется в компьютерной периферии для обмена данными в шинах данных. Основным недостатком данного подхода является зависимость от качества и проводимости проводников, используемых в данной передаче. При различных свойствах проводников биты в передаче данных могут приходиться с задержкой, что приводит к значительным ошибкам.

Методы передачи данных также классифицируются на: синхронная передача данных; асинхронная передача данных. Асинхронный обмен является наиболее распространенной формой последовательного связи, что предполагает передача пакета данных в котором содержится информация о начале и конце передачи дан-

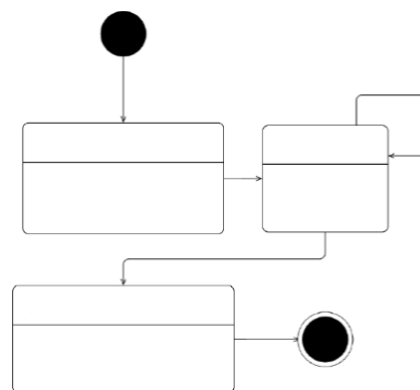


Рис. 13. Диаграмма состояний файла для передачи

ных, информация для контроля ошибок и сами данные. Поскольку архитектура облачного хранилища данных предполагает как одновременную передачу данных в разных направлениях, так и прием данных из разных источников данных, была выбрана асинхронная последовательная передача данных. Также для эффективного распределения ресурсов был выбран асинхронный подход к проектированию системы.

Модуль системы передачи данных можно представить как систему состояний и переходов (рис. 11). При запуске процесса создается канал передачи данных, который переходит в статус «ожидания на события». Поскольку данный канал связи предусматривает, как передачу данных, так и прием данных, данный канал связи реагирует на следующие события:

Входное соединение — во время данного события системе необходимо аутентифицировать клиента и добавить данное соединение в пул соединений.

Входные данные — получить данные, расшифровать и выполнить действия, предусмотренные в данном пакете данных. В случае отсутствия данных у канала связи для чтения, и недополученные пакеты данных, данный пакет помещается в очередь недополученных пакетов данных, и система ожидает возможность получения данных по данному каналу связи.

Необходимость в передаче данных — проверка на существование соединения с удаленным клиентом, формирование пакетов данных, шифрования их и передачу их по каналу связи. В случае невозможности

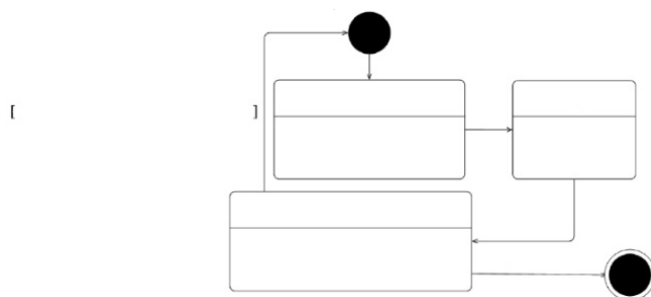


Рис. 14. Диаграмма состояний передачи пакета данных

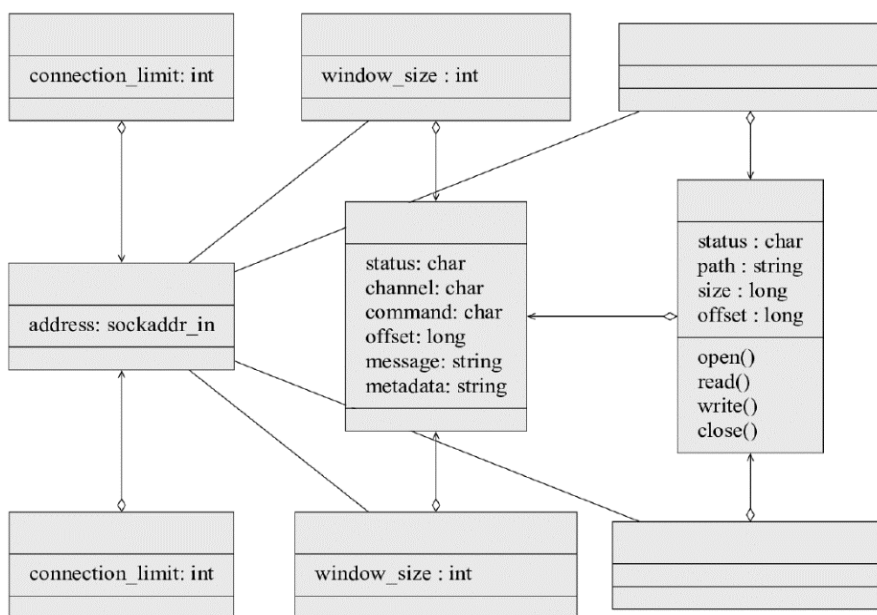


Рис. 15. Диаграмма классов системы

немедленно передать данные, пакеты данных перемещают в очередь пакетов и ожидают возможности передачи (освобождения выходного канала связи).

Ошибка соединения — в данном случае система оценивает данную ошибку, и принимает решение. Если система получила ложный пакет, или неожиданный для нее, система «просит» клиента повторно передать данные. Если произошел более крупный сбой системы, как сбой синхронизации шифрования данных, система разрывает соединение с данным клиентом, после чего клиент пересоздает соединение и повторно отправляет данные, на которые не получил подтверждения от сервера.

Поскольку клиентские данные хранят в облачном хранилище данных в виде файловой структуры, передача данных в системе сводится к передаче файлов. Передачу отдельного файла можно представить как передачу отдельных пакетов данных (рис. 12).

Во время передачи любого количества данных система формирует пакеты передачи данных и добавляет их в очередь передачи данных. После чего система выполняет ряд функций: проверка на существование соединения с пунктом назначения данных. Если соединение отсутствует: создание соединения с пунктом назначения; аутентификация на пункте назначения. Поочередное шифрование па передача пакетов данных (из очереди) по данному каналу связи.

В случае заполнения выходного кэша система переходит в ожидание других событий.

После удачной отправки пакета данных система замечает в очереди передачи данных пакет, как отправленный. После удачного получения клиентом пакета данных, он отправляет пакет подтверждения. Серверная часть, получив данный пакет удаляет пакет из очереди передачи данных. В случае разрыва соединения

с получателем данных, система автоматически меняет статус отправленных пакетов данных, на новые, для повторной передачи данных (рис. 13). Логическую модель системы передачи данных в облачном хранилище данных можно представить в виде диаграммы классов (рис. 14). Из диаграммы классов очевидно, что концептуальная модель системы передачи данных в хранилище данных и сателлите аналогичны. Данный подход упрощает построение систем такого характера. Также из данной структуры очевидно, что «Соединение» является абстрактным классом и может использоваться протоколами, как TCP или UDT, для транспортировки данных. Такой подход дает существенные преимущества в случаях существования единого ограниченного канала связи, что является весьма актуальным для современного состояния связи в 1С системах.

При необходимости передачи данных (файла) система выполняет ряд простых действий: 1) Создание экземпляра класса «Файл». 2) Добавление его к «Очереди Исходных Файлов». 3) Получение ссылки на соединения (в случае, если отсутствует — создать). 4) Создание экземпляров класса «Пакет» в рамках свободного размера окна для соединения. 5) В случае готовности соединения для предо — получение «Пакета» из «Очереди Исходящих Пакетов», шифрование и передача по каналу связи. 6) Получение подтверждения окончания файла. 7) Удаление экземпляра класса «Файл».

С другой стороны, получатель данных (файла), выполняет следующие действия: 1) Получение пакета данных с данными о данных (файл) и его расшифровка. 2) Создание экземпляра «Файл». 3) Добавление его к «Очереди Входной Файлов». 4) Создания физического файла. 5) Получение пакетов с данными, расшифровка и наполнение ими физический файл, отправки подтверждения получения пакетов данных. 6) Получение пакета завершения файла. 7) Закрытие файла. 8)

Удаление экземпляра класса «Файл». 9) Отправка подтверждения получения полного файла.

Процесс получения пакета данных можно разбить на два этапа: 1) получение заголовка пакета; 2) получение основного тела пакета.

В заголовке сообщения содержится информация о: канале связи — для мультимплексной передачи данных нескольких файлов в один момент времени; размере тела пакета данных; команде — тип данных, которые передаются в теле пакета (создание каталога, файла, данные из файла, подтверждение получения пакета...); также может содержаться дополнительная информация в зависимости от команды.

Выводы. Новый протокол обеспечивает эффективное использование ресурсов крайних узлов сети. В вопросе защищенности он поддерживает шифрование данных, то есть он способен разрешать подключение протоколов шифрования. Была проведена оптимизация эффективности реализации протокола на базе UDP и было показано, что по этим идеям можно реализовать эффективные и практические приложения на базе протоколов UDP. Например, использование среды протокола UDT (основанный на UDP), может легко поддерживать различные алгоритмы управления перегрузкой, например, высокоскоростные TCP или взрывное RBUDP.

Использование данного подхода позволило увеличить производительность как элемента передачи данных, так и системы в целом. Использование многоканальной связи позволило одновременной передачи данных по одному каналу связи, а универсализация архитектуры позволило использование различных протоколов обмена данных на различных участках сети, в зависимости от эффективности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Maximov, R.V., Ivanov, I.I., Sharifullin, S.R. (2017). Network topology masking in distributed information systems. CEUR Workshop Proceedings, 2081, 83–87.
2. Kornienko, D.V. (2020). Organization of a system of digital education practices in the municipal sphere of general education. Journal of Physics: Conference Series, 1691(1), article number 012108.

© Корниенко Дмитрий Васильевич (dmkornienko@mail.ru), Иванников Илья Сергеевич (ivannikov.work@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОДЕЛИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ

MODELING AND IMPLEMENTATION OF DISTRIBUTED STORAGE SYSTEMS

**D. Kornienko
N. Petrakov**

Summary. The paper solves the actual scientific problem of developing models and methods for increasing the throughput of distributed telecommunication systems of highly accessible cloud data storage based on new access protocols. The analysis of the problems of implementation and functioning of cloud data storage is carried out. Based on the analysis, the technological and functional problems of implementing cloud data storage are highlighted. Attention is focused on the unsolvable problems of building distributed data transmission systems. An improved model of cloud data storage by presenting it as an algebraic system, which differs from the existing ones by introducing data processing methods based on session-level protocol tools into the architecture of a connected telecommunications network system.

Keywords: personal data, protection, configuration, organization.

Корниенко Дмитрий Васильевич

Кандидат физико-математических наук,
доцент, Елецкий государственный университет им.

И.А. Бунина

dmkornienko@mail.ru

Петраков Никита Сергеевич

Аспирант, Елецкий государственный университет
им. И.А. Бунина

petrakov_1997@mail.ru

Аннотация. В работе решена актуальная научная задача разработки моделей и методов повышения пропускной способности распределенных телекоммуникационных систем высокодоступных облачных хранилищ данных на основе новых протоколов доступа. Проведен анализ проблем внедрения и функционирования облачных хранилищ данных. На основе анализа выделены технологические и функциональные проблемы внедрения облачных хранилищ данных. Сосредоточено внимание на неразрешимых задачах построения распределенных систем передачи данных. Усовершенствованная модель облачного хранилища данных путем представления ее как алгебраической системы, которая отличается от существующих введением в архитектуру связанной телекоммуникационной сети системы методов обработки данных на основе протокольных средств сеансового уровня.

Ключевые слова: персональные данные, защита, конфигурация, организация.

Введение

Облачная система хранения данных, или хранения данных как услуга — это абстрактное понятие, которое соответствует системе хранения данных, которую можно администрировать по требованию через специальный интерфейс [1–3]. Этот интерфейс абстрагирует местонахождение системы, так что локальная она либо удаленная, либо гибридная — не имеет значения. Облачные инфраструктуры хранения данных образуют новые архитектуры, которые поддерживают различные уровни обслуживания поверх потенциально большой группы пользователей и географически распределенных накопителей. Важное значение имеет способность клиента контролировать и управлять тем, как хранятся его данные, и связанными с этими расходами. Многочисленные поставщики облачных услуг предлагают средства управления, которые обеспечивают пользователям повышенный контроль над расходами.

Эффективность хранения данных — важная характеристика облачной инфраструктуры хранения, особенно учитывая ее акцент на общую экономию. Чтобы сделать систему хранения более эффективной, нужно хранить больше данных. Общим решением является сокращение объема исходных данных, чтобы они занимали меньше физического пространства. Два способа достижения этой цели: сжатие — упаковка данных путем их кодирования с использованием различных представлений — и дедупликация — исключение всех дубликатов данных [4; 5]. Хотя оба метода полезны, сжатие предполагает обработку (перекодирование данных в инфраструктуру и из нее), а дедупликация — вычисление сигнатур для поиска дубликатов.

Одна из наиболее важных особенностей облачного хранения данных — способность обеспечить экономию. Это экономия на приобретении накопителей, их энергоснабжении, ремонте, а также на управлении хранением. Если рассматривать облачное хранение с этой

точки зрения (включая Service Level Agreement и повышенную эффективность хранения), оно может оказаться выгодным при определенных моделях использования. API (application programming interface) доступа к хранилищу является важнейшим компонентом услуг. Многие приложения требуют доступа к хранилищу услуг с использованием API, который оптимизирован для этой конкретной системы хранения данных, либо на собственном оборудовании или облачным. Так облачная система хранения Amazon S3 API предоставляет разработчикам SDK (software development kit) для .NET и Java, а также библиотеки для дополнительных платформ и языков. Эти интерфейсы обычно используют протоколы веб-сервисов передачи репрезентативного состояния (REST) и/или простой протокол доступа к объектам (SOAP) [6–8].

При рассмотрении архитектуры нужно учитывать ее рабочие параметры. Под ними понимают различные характеристики архитектуры, учитывая стоимость, производительность, возможность удаленного доступа и т.п. Архитектура облачного хранения данных — это прежде всего доставка ресурсов хранения данных по требованию в высоко-масштабируемой и мультиагентной среде. Обобщенно архитектура облачного хранения данных представляет собой внешний интерфейс, который предоставляет API для доступа к накопителям. В традиционных системах хранения данных это протокол SCSI (Small Computer System Interface), но в облаке появляются новые протоколы. Среди них можно найти внешние протоколы Web-сервисов, файловые протоколы и, даже, более традиционные внешние интерфейсы (Internet SCSI, iSCSI и др.). За внешним интерфейсом располагается уровень промежуточного программного обеспечения — логика хранения данных. Этот уровень реализует ряд функций, таких как репликация данных и сокращение объема данных, по традиционным алгоритмам размещения данных с учетом географического расположения. Наконец, внутренний интерфейс организует физическое хранение данных. Это может быть внутренний протокол, реализующий специфические функции, или традиционный сервер с физическими дисками.

Теоретический обзор

Быстрое увеличение пропускной способности компьютерных сетей позволило разрабатывать многочисленные приложения, которые предусматривают интенсивную обработку данных [1]. Эти новые приложения могут выполнять задачи, начиная от массовой передачи данных (SDSS (Sloan Digital Sky Survey) и electronic Very Long Baseline Interferometry), до интерактивных систем высокой пропускной способности (GeoWall) [2]. Однако, различные программы ставят различные

требования к услугам передачи данных [3]. Например, приложение GeoWall может отдать предпочтение в плавном изменении скорости передачи данных, тогда как для приложения SDSS желательно, чтобы данные передавались с максимально возможной скоростью в частных сетях [4]. Тем не менее, нынешняя система интернет предназначена для обеспечения поддержки целого множества различного типа приложений. Эта философия дизайна Интернета оказывает большое влияние на развитие транспортных протоколов. Большинство трафика в Интернете формируется за счет потоков TCP (Transmission Control Protocol), но существуют приложения, для которых протокол TCP не обеспечивает достаточного уровня эффективности. В контексте высокопроизводительных вычислений TCP хорошо известен своей низкой эффективностью и справедливым разделением ресурсов в сетях с высокой задержкой пропускной способности [5; 6].

Модификации сетевого стека ядра протокола (например, новые варианты TCP) обычно требуют нескольких лет для стандартизации, внедрения и широкого развертывания. В самом деле, со времен появления протокола TCP, около трех десятилетий назад, только его четыре версии были широко развернуты, а именно Tahoe, Reno, NewReno, и SACK [7]. Хотя на сегодняшний день все больше сетей получают скорость передачи данных 1 Гбит/с и выше, но по-прежнему актуальной проблемой для веб-приложений остается использование широкой полосы пропускной способности, из-за ограничения существующих транспортных протоколов сети. Ограничения внедренных сетевых транспортных протоколов является одной из главных причин, по которой так трудно масштабировать приложения с интенсивным использованием сетевых соединений от местных кластеров до глобальных сетей [8].

Протокол управления передачей (TCP) успешно используется в течение десятилетий, как основной протокол транспортного уровня стека сетевых протоколов. Однако в последнее время было показано, что TCP имеет некоторые потери производительности при его использовании для высокоскоростных сетей Wide Area, особенно для географически удаленных сетей. Алгоритм управления перегрузкой Additive increase/multiplicative decrease, который используется протоколом TCP, является довольно «бедным» в раскрытии доступной полосы пропускной способности и в случае большой потери пакетов в высокопроизводительных сетях с достаточно большими временами задержки [9].

Исследователи компьютерных сетей работают над новыми транспортными протоколами и алгоритмами контроля насыщения для поддержки высокоскоростных сетей следующего поколения. Многие работы, в том

числе вариантов TCP (FAST, BiC, Scalable, и HighSpeed) и XCP показали более высокую производительность при их моделировании [10]. Однако практическое использование в реальных приложениях этих протоколов все еще очень ограничено из-за трудностей их реализации, установки и ограничения технического уровня [11]. Пользователи сети, которым нужно передавать большие массивы данных обычно обращаются к решениям уровня приложений, среди которых очень популярны протоколы на основе UDP (User Datagram Protocol), например SABUL, UDT (Data Transfer Protocol), Tsunami, RBUDP (Reliable Blast UDP), FOBS и GTP [12]. Протоколы на основе UDP обеспечивают гораздо лучшую переносимость и просты при их установке. Однако, несмотря на простоту внедрения протоколов на уровне пользователя достаточно трудно настроить их в ядре, чтобы сделать их максимально эффективными [13]. Поскольку реализации уровня пользователь не могут изменить код ядра, могут быть дополнительные переключения контекста и копированием участков памяти между уровнем пользователя и уровнем ядра. На высоких скоростях передачи данных эти операции очень чувствительны к загрузке процессора и производительности протокола [14].

Материалы и методы

Для практического применения разработанных методов необходимо спроектировать и разработать распределенную систему хранения данных. Специфика современных хранилищ данных в переходе их к распределенным системам. В таких условиях необходимым условием является обеспечение резервирования критических узлов сети. Также важным условием является то, чтобы узлы сети владели информацией о наличии других узлов и данных на них. В условиях распределенной работы, необходимым функционалом работы является обеспечение своевременное выявление неработоспособного узла обмена/хранения данных и извлечения их с работы. Также после восстановления работы узла, он должен как можно скорее присоединиться к обмену / сохранению данных. Проектирование такой системы требует предварительного анализа требований и планирования ее внутренних процессов.

Программное обеспечение системы должно обеспечивать выполнение всех функций и иметь средства организации всех требуемых процессов обработки, передачи и хранения данных во всех регламентированных режимах функционирования. Программное обеспечение системы должно быть: универсальным; функционально достаточным; надежным; адаптивным; подходит для модернизации и масштабирования; иметь интуитивно понятный пользовательский интерфейс; защищенным от внешних воздействий; осуществлять

документирование всех действий пользователей программного обеспечения. Программное обеспечение должно разрабатываться с применением принципов структурного и модульного программирования. Каждая из задач, которая входит в систему должна быть максимально независимой от других.

Контроль качества программных средств, которые разрабатываются, должен быть обеспечен тестированием и проведением опытной эксплуатации. Архитектура системы должна базироваться на принципах высоконагруженных и отказоустойчивых систем. Она должна отвечать следующим основным требованиям: система должна поддерживать горизонтальное масштабирование серверов для увеличения производительности системы в целом (как узлов для хранения данных, так и сателлитов для улучшения эффективности доступа к данным); система должна иметь возможность дублирования всех критически важных узлов сети и хранения данных для обеспечения отказоустойчивости системы.

В состав системы должны входить следующие функциональные компоненты: 1) Хранилище данных как компонент информационной системы, который обеспечивает хранение данных для решения следующих задач: хранение данных; доступа к данным; учет действий пользователей. 2) Сателлит-компонент информационной системы, который обеспечивает быстрое информационное и техническое взаимодействие системы с пользователями системы. 3) Адаптивный DNS (Domain Name System) сервер — компонент системы, который обеспечивает логику запросов от пользователя к системе.

Общими требованиями к надежности системы: 1) Программно-технический комплекс должен функционировать круглосуточно, в непрерывном режиме, кроме форс-мажорных обстоятельств. 2) Должно проводиться регулярное (не реже одного раза в сутки) резервное копирование баз данных. Необходимо наличие как минимум двух резервных копий всех данных. Резервные копии должны храниться в физически удаленных местах. 3) Отказы и сбои в работе рабочих станций и сетевых устройств не должны приводить к разрушению данных и сказываться на работоспособности системы в целом. Выход из строя одной из подсистем не должен приводить к прекращению функционирования других подсистем, то есть при этом должна обеспечиваться возможность выполнения функций всех других подсистем. 4) Плановая остановка или сбой информационного ресурса не должны приводить к сбою в работе программного обеспечения. Неправильные действия пользователей не должны приводить к возникновению аварийной ситуации. 5) Должны быть ми-

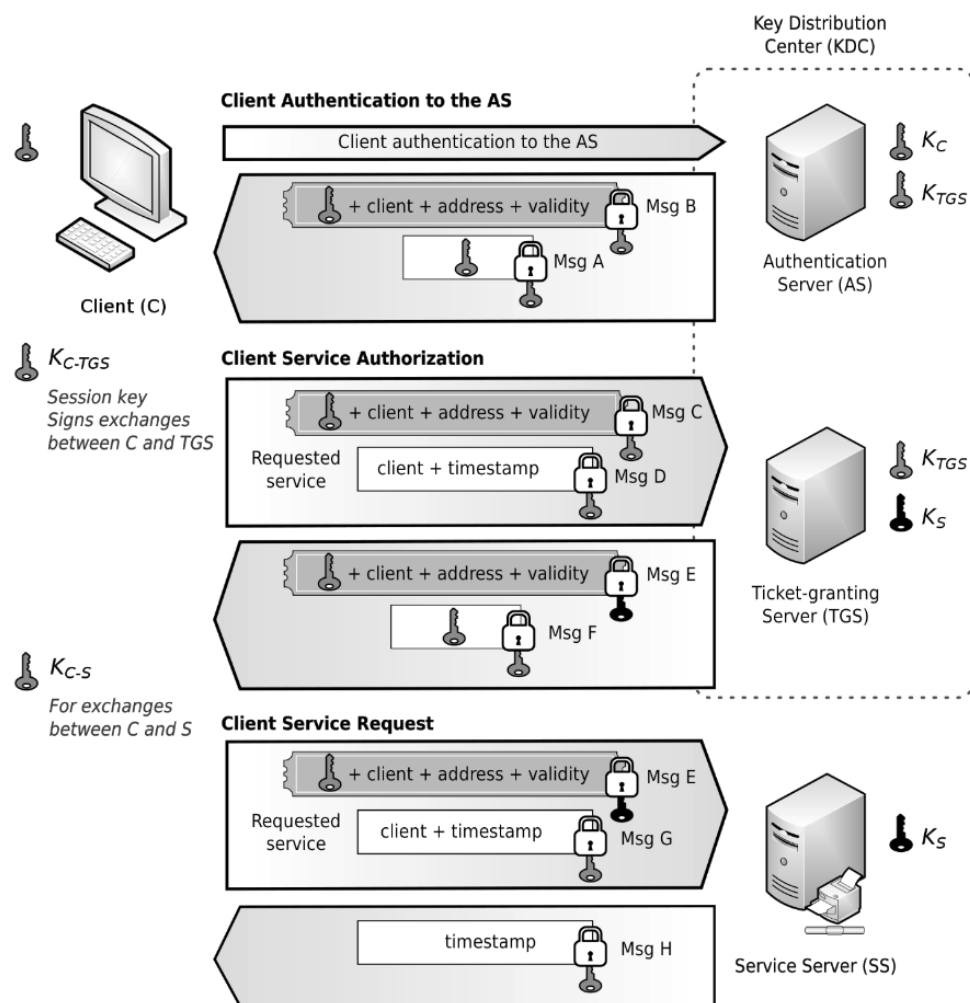


Рис. 1. Варианты использования системы с точки зрения Пользователя и Клиента системы

нимизированы ошибки технического персонала, в том числе путем четкого разграничения прав доступа к системе, а также ведение журнала событий системы.

Под надежностью информационной системы понимают комплексное свойство системы сохранять во времени их основные свойства системы определены в установленных нормативно-технических документах. При таком понимании программное обеспечение должно: быть устойчивым к ошибочным действиям пользователя (ошибки в действиях персонала не должны приводить к сбоям (отказам) в работе программного обеспечения информационной системы); обеспечивать гарантированный контроль входящей и исходящей информации; обеспечивать быстрое восстановление после отказа (сбоев).

Программное обеспечение разрабатывается на основе распространенных операционных систем, инстру-

ментальных средств программирования и СУБД (система управления базами данных). Система должна использовать стандартные решения, основанные на применении типовых протоколов и интерфейсов взаимодействия, которые предусматривают возможность сопряжения и совместной работы оборудования и программного обеспечения различных производителей, а также для сопряжения с информационными системами других организаций. Все технические решения, используемые в проекте системы, должны соответствовать требованиям национальных стандартов или (при отсутствии) международных стандартов. Технические средства, применяемые в составе ИС, должны иметь сертификаты или другие документы предприятия-поставщика, подтверждающие их соответствие техническим условиям.

В силу большой социальной значимости проекта, и сжатых сроков ввода в эксплуатацию предпочтение следует отдавать унифицированным решениям. Такие

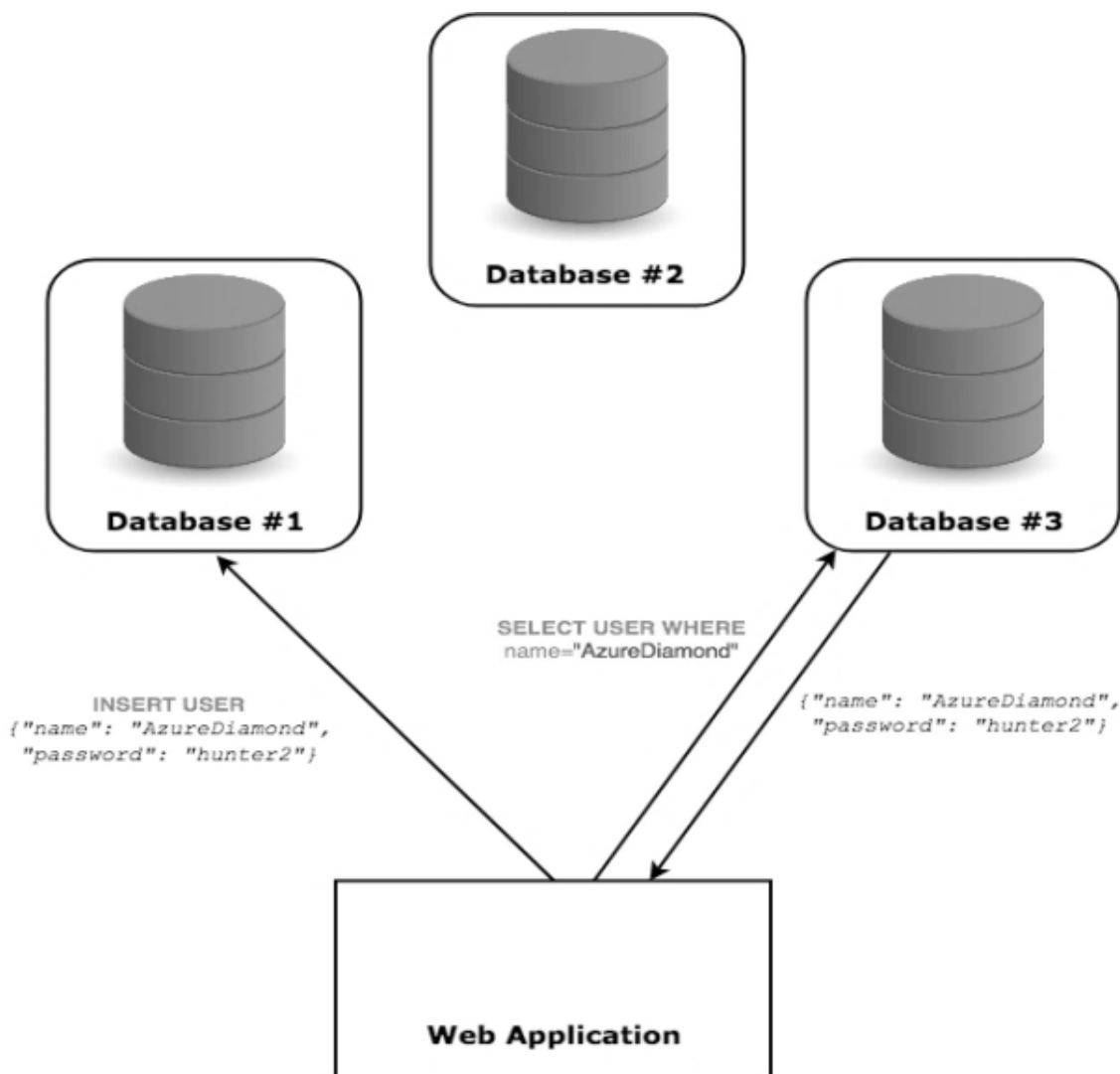


Рис. 2. Варианты использования системы с точки зрения Собственника системы

решения должны иметь следующие свойства: доступ к системе должен предоставляться с помощью глобальной сети Internet; модульность (компонентное решение); иметь возможность интеграции с внешними автоматизированными системами. Система должна обеспечивать выполнение следующих функций: регистрация клиентов системы: о создание облачной записи компании в системе; о создание учетной записи администратора для компании; административная часть: о регистрация пользователей системы для компании; о редактирование профиля пользователя; обеспечение доступа к данным по протоколам: HTTP (HyperText Transfer Protocol); HTTPS (HyperText Transfer Protocol Secure); FTP (File Transfer Protocol); FTPS (File Transfer Protocol + SSL); SFTP (Secure File Transfer Protocol); обработка ошибок: ошибки хранилища; ошибки сателлитов; ошибки сценария; обрывы связи; большая нагрузка; регистрация действий пользователей.

Результаты и обсуждение

Проанализировав перечень необходимых функций и взаимосвязи между ними, целесообразно выполнить их представление в виде вариантов использования системы (рис. 1, 2). Система должна обеспечивать эффективную организацию обмена информацией между внутренними компонентами. Состав, структура, объем и частота передачи сообщений должны определяться соответствующими протоколами информационного обмена, определенными на стадии технического проектирования. В протоколах информационного обмена должны быть предусмотрены меры по исключению возможности несанкционированного доступа к данным.

Также должны быть предусмотрены средства контроля передаваемых входных / выходных данных

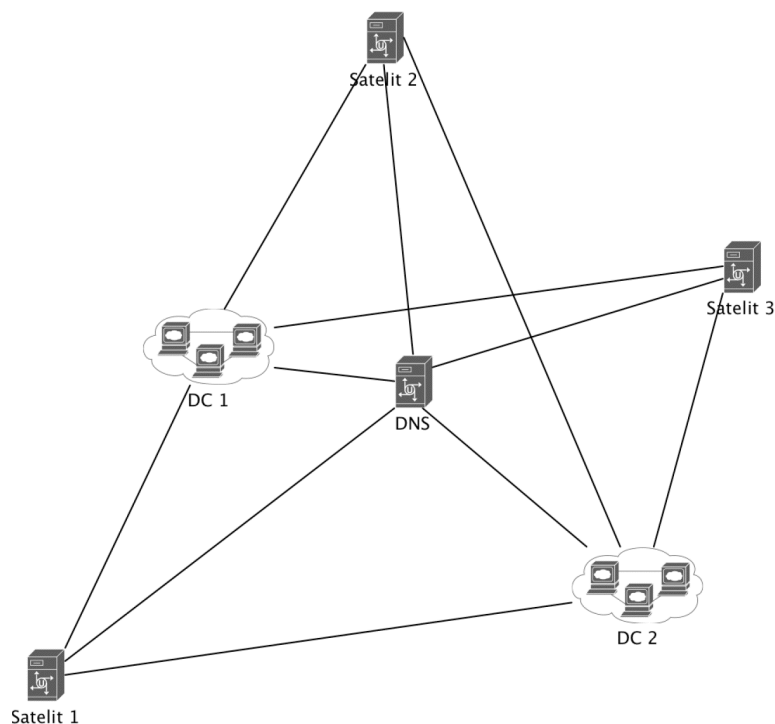


Рис. 3. Общая архитектура системы

и средства по контролю информации в базах данных. Требования к информационному обмену между компонентами системы должны быть определены на этапе разработки, исходя из возможностей платформы реализации [15; 16].

Общая архитектура системы состоит из адаптивного DNS сервера, нескольких хранилищ данных (DC) и многих спутников (рис. 3). Каждое хранилище данных должно определяться наличием (рис. 4): двух брандмауэров; двух серверов приложений; двух хранилищ с дисками. Такая архитектура необходима для обеспечения отказоустойчивости системы в случае потери физического узла сети [17; 18]. На первом этапе запросы приходят на уровень брандмауэров, которые для внешних узлов отображаются с одним и тем же IP (Internet Protocol)-адресом с индексами 0 и 1. В случае выхода устройства с индексом 0, то все запросы начинают попадать на устройство с индексом 1.

ВЫВОДЫ

Учитывая затруднения и недостатки существующего состояния передачи данных большого объема через высокопроизводительные регионально-распределенные сети, которые были выявлены в процессе изучения проблемы, был разработан протокол сеансового уровня для таких сетей, совместимый со стандартными протоколами стека протоколов OSI TCP и UDP и адаптированный для современных сетей, то есть имеет функционал для эффективного использования пропускной способности сети, не зависимо от ее характеристик. Новый протокол сеансового уровня адаптирован для современных сетей, то есть имеет функционал для эффективного использования пропускной способности сети, не зависимо от ее характеристик. При использовании такого протокола не увеличиваются задержки при переходе передачи между различными типами сетей.

ЛИТЕРАТУРА

1. A reference Cong, W., Zheng, Y., Zhang, Z., Kang, Q., Wang, X. (2017). Distributed Storage and Management Method for Topology Information of Smart Distribution Network. *Dianli Xitong Zidonghua/Automation of Electric Power Systems*, 41(13), 111–118. <https://doi.org/10.7500/AEPS20161228008>
2. Benbelgacem, S., Guezouli, L., Seghir, R. (2020). A Distributed Information Retrieval Approach for Copyright Protection. In: *ACM International Conference Proceeding Series*. Piscataway: Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1145/3386723.3387882>
3. Tong, B.B., Zou, G.B., Shi, M.L. (2013). A distributed protection and control scheme for distribution network with DG. *Advanced Materials Research*, 732–733, 628–633. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.732-733.628>

4. Jiao, J., Yang, Y., Feng, B., Wu, S., Li, Y., Zhang, Q. (2017). Distributed rateless codes with unequal error protection property for space information networks. *Entropy*, 19(1), article number 38. <https://doi.org/10.3390/e19010038>
5. Mishina S.V., Kornienko D.V. (2021). Setting up data exchange between information systems that automate accounting at the enterprise. *Journal of Physics: Conference Series*, 2094(3), article number 032018.
6. Zhu, X., Ning, Z., Fei, H., Li, Q., Li, D. (2013). Study on protection scheme for low-voltage distribution network with distributed generation. *Information Technology Journal*, 12(16), 3655–3659. <https://doi.org/10.3923/itj.2013.3655.3659>
7. Tian, J., Gao, H., Hou, M., Liang, J., Zhao, Y. (2010). A fast-current protection scheme for distribution network with distributed generation. In: *IET Conference Publications*. Piscataway: Institute of Electrical and Electronics Engineers <https://doi.org/10.1049/cp.2010.0319>
8. Zhong, S., Liu, C., Yang, Z., Yan, D. (2009). Privacy protection model for distributed service system in converged network. In: *International Conference on E-Business and Information System Security*. Piscataway: Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1109/EBISS.2009.5138026>
9. Chen, X., Li, Y., Zhao, M., Wen, A., Liu, N. (2014). A coordinated strategy of protection and control based on wide-area information for distribution network with the DG. In: *International Conference on Power System Technology: Towards Green, Efficient and Smart Power System, Proceedings* (pp. 2517–2521). Piscataway: Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1109/POWERCON.2014.6993803>
10. Song, X., Zhang, Y., Zhang, S., Song, S., Ma, J., Zhang, W. (2018). Active distribution network protection mode based on coordination of distributed and centralized protection. In: *Proceedings of 2017 China International Electrical and Energy Conference* (pp. 180–183). Piscataway: Institute of Electrical and Electronics Engineers <https://doi.org/10.1109/CIEEC.2017.8388442>
11. Kornienko, D.V., Mishina, S.V., Shcherbatykh, S.V. and Melnikov M.O. (2021). Principles of securing RESTful API web services developed with python frameworks. *Journal of Physics: Conference Series*, 2094(3), article number 032016.
12. Abbaspour, E., Fani, B., Heydarian-Forushani, E. (2019). A bi-level multi agent-based protection scheme for distribution networks with distributed generation. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 112, 209–220. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2019.05.001>
13. Kornienko, D.V., Mishina, S.V., Melnikov, M.O. (2021). The Single Page Application architecture when developing secure Web services // *Journal of Physics: Conference Series*, 2091(1), article number 012065.
14. Zhou, C., Zou, G., Yang, J., Lu, X. (2019). Principle of Pilot Protection based on Positive Sequence Fault Component in Distribution Networks with Inverter-interfaced Distributed Generators. In: *IEEE PES GTD Grand International Conference and Exposition Asia* (pp. 998–1003). Piscataway: Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1109/GTDAsia.2019.8716011>
15. Kornienko, D.V., Shcherbatykh, S.V., Mishina, S.V., Popov, S.E. (2020). The effectiveness of the pedagogical conditions for organizing the educational process using distance educational technologies at the university. *Journal of Physics: Conference Series*, 1691(1), article number 012090.
16. Ruan, W., Zhan, H. (2014). A new protection algorithm for distribution network with distributed generation based on intelligent electronic device information. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 237 LNEE, 275–282. https://doi.org/10.1007/978-3-319-01273-5_30
17. Al Sukhni, E.M., Mouftah, H.T. (2008). Availability-guaranteed distributed provisioning framework for differentiated protection services in optical mesh networks. In: *IEEE Globecom Workshops*. Piscataway: Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1109/GLOCOMW.2008.ECP.46>
18. Alexandrovich, G.P. (2006). The applying sets graph protection model to the detection information threats in distributed networks and data base management systems. In: *8th International Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering Proceedings* (pp. 126–128). Piscataway: Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1109/APEIE.2006.4292398>

© Корниенко Дмитрий Васильевич (dmkornienko@mail.ru), Петраков Никита Сергеевич (petrakov_1997@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОГЛАСОВАНИЯ ДАННЫХ МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА В НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ

DATA RECONCILIATION EFFICIENCY FOR REFINERY MATERIAL BALANCE

**V. Kuvykin
R. Balashov
R. Ibulaev
M. Meleshkevich**

Summary. The article deals with a problem of refinery material balance data reconciliation. A new methodology has been developed to estimate automated data reconciliation system implementation efficiency. We propose to use simulation modeling in the analysis of material balance reconciliation. In the article were presented the results of calculating the efficiency by two different material balance reconciliation methods for the crude oil distillation unit.

Keywords: mathematical modeling, nonlinear programming, automation in industry, data reconciliation, material balance, information systems integration, refinery.

Кувыкин Вячеслав Иванович

Д.ф.-м.н., профессор, Нижегородский государственный университет им. Лобачевского (национальный исследовательский университет); Главный специалист ООО «ЛУКОЙЛ — Инженерные навыки и компетенции», Нижний Новгород
kuvykin@itmm.unn.ru

Балашов Роман Дмитриевич

Начальник Центра ООО «ЛУКОЙЛ — Инженерные навыки и компетенции», Нижний Новгород
Roman.Balashov@lucoil.com

Ибулаев Роберт Георгиевич

К.т.н., начальник лаборатории, ООО «ЛУКОЙЛ — Инженерные навыки и компетенции», Нижний Новгород
Robert.Ibulaev@lucoil.com

Мелешкевич Михаил Александрович

Экономист, ООО «ЛУКОЙЛ-Нижегороднефтеоргсинтез», Кстово
meleshkevichma@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрена задача согласования данных материального баланса нефтеперерабатывающего завода. Разработана методология оценки эффективности внедрения автоматизированных систем согласования данных для различных установок предприятия. Построена имитационная модель сведения материального баланса для анализа процесса согласования данных. Приведены численные расчеты эффективности сведения материального баланса двумя различными способами для установки первичной переработки нефти.

Ключевые слова: математическое моделирование, нелинейное программирование, автоматизация производства, согласование данных, материальный баланс, интеграция информационных систем, нефтепереработка.

Развитие киберфизических систем в современном мире требует совершенствования технологии анализа и согласования данных, поскольку успешная работа таких систем определяется во многом именно качеством обработки информации [1]. Процесс согласования данных становится основной проблемой, поскольку он играет важную роль в проверке материальных балансов на наличие грубых ошибок измерения [2]. Он служит для актуализации параметров математической модели оптимального планирования на основе обратной связи по измерениям на нефтеперерабатывающем заводе (НПЗ) [3, 4].

Цифровизация производства позволила заменить электронные таблицы на стандартизированные ком-

пьютерные программы, которые позволяют получить взвешенные управленческие решения на основе достоверных данных. Результатом стало появление мощных и удобных пакетов для анализа и согласования данных измерительных систем, таких как I-DRMS (IndaSoft) [5], Aspen Operations Reconciliation and Accounting (AspenTech) [6], Production Balance (Honeywell) [7], ROMeo Material Balance (AVEVA), [8] и др. Такие IT-системы используют технологию DR (data reconciliation), которая позволяет извлекать достоверную информацию о состоянии производственных процессов из необработанных данных измерений [2].

В мировой практике можно выделить два основных подхода по сведению материального баланса: эвристи-

ческий и кибернетический. Эвристический способ основан на использовании специалистами по сведению баланса своего предыдущего производственного опыта. Полученные решения имеют хорошую интерпретацию и интуитивно понятны пользователям. При сведении баланса применяются сложные и взаимосвязанные электронные таблицы. Однако, этот метод слабо формализуем, в значительной степени зависит от человеческого фактора, что приводит к проблемам при передаче знаний и автоматизации процесса [9]. Отметим, что интуитивные решения, не подтвержденные расчетом, существенно снижают эффективность бизнеса.

Другим способом сведения баланса является кибернетический, который опирается на данные систем управления различного уровня. Он основан на технологии DR, статистическом анализе данных и тщательном расчете с применением компьютерных технологий. В этом случае необходима более серьезная квалификация в области анализа данных и математического моделирования, совместная работа специалистов различного профиля по интеграции систем согласования данных в единую информационную систему предприятия. Таким образом, увеличивается нагрузка на персонал предприятия. В работе [1] приводится достойный сожаления случай по автоматизации расчетов на основе согласованных данных на одном из НПЗ. Чтобы удовлетворить корпоративный показатель эффективности, связанный с численностью сотрудников завода, менеджеры завода прекратили работу по согласованию данных. Авторы работы [1] полагают, что тема согласования данных требует гораздо большего внимания при построении современной киберфизической системы предприятия.

Широкое внедрение автоматических систем согласования данных в значительной степени тормозится слабой интерпретацией результатов и отсутствием четкой и понятной оценки получаемых эффектов. Актуальной задачей является повышение точности сведения материального баланса и расчет эффективности применения информационных систем согласования данных.

Целью работы является разработка методологии оценки эффективности автоматизированных систем согласования данных материального баланса для промышленных установок.

Математическая модель согласования данных материального баланса

В данной работе воспользуемся математической моделью стационарного процесса [2,10]:

$$Ax = 0, \quad (1)$$

где x — вектор переменных размерности k , описывающий массу материальных потоков предприятия, продукцию в резервуарах, расход топлива и потери, A — матрица балансовых уравнений размерности $m \times k$ (элементы матрицы $a_{ij}=1$ для входящих потоков и $a_{ij}=-1$ — для выходящих, $a_{ij}=0$ — если поток не участвует в массовом балансе). Обозначим вектор измерений z и рассмотрим задачу нелинейного программирования с целевой функцией $I(x)$ [2]

$$\min_x I(x), \quad I(x) = \sum_{i=1}^k \left(\frac{x_i - z_i}{\sigma_i} \right)^2. \quad (2)$$

Здесь σ_i — стандартное отклонение i -го измерения.

Решение задачи оптимизации (1) — (2) называют согласованными значениями. Сумма квадратов отклонений измеренных и согласованных значений (2) с учетом дисперсии (более точные наблюдения входят с большим весом, более грубые — с меньшим) является минимальной.

Имитационное моделирование согласования данных материального баланса

Покажем преимущество технологии согласования данных на примере одной из установок НПЗ — первичной переработки нефти АВТ (атмосферно-вакуумной трубчатки). Установки АВТ играют в нефтепереработке большую роль, поскольку от показателей их работы во многом зависит эффективность последующих процессов на НПЗ [11].

Сырая нефть представляет собой сложную смесь углеводородов. Установка АВТ — это первичный процесс переработки нефти, при котором нефть разделяется на углеводородный газ, бензиновую, керосиновую и дизельную фракции углеводородов, вакуумные погоны и гудрон. Разделение нефти на нефтяные фракции происходит в ректификационных колоннах (атмосферной и вакуумной). Выделение фракций углеводородов происходит по диапазону их температур выкипания. Углеводородные газы имеют наименьшую температуру, а вакуумные погоны имеют наибольшую температуру выкипания. Гудрон АВТ не выкипает и является остатком вакуумной колонны.

Часть продуктов установки АВТ может использоваться как самостоятельные товарные продукты, другим необходима дальнейшая переработка на установках НПЗ для получения требуемых товарных характеристик. Количество и качество производимых на установке АВТ

Таблица 1

<i>i</i>	Продукты	баланс	истинные	измер.	соглас.	откл.
		%	т.т	т.т	т.т	т.т
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)=(6)-(5)
0	Нефть	100,0	10,000	10,314	9,890	-0,424
1	Газ	1,0	0,100	0,101	0,101	0,000
2	Бензиновые фракции	18,6	1,860	1,883	1,897	0,014
3	Керосин	9,8	0,980	0,892	0,895	0,003
4	Дизельное топливо	17,0	1,700	1,641	1,651	0,010
5	Вакуумные погоны	17,8	1,780	1,805	1,818	0,013
6	Гудрон	35,0	3,500	3,403	3,449	0,046
7	Потери	0,8	0,080	0,079	0,079	0,000
	Итого выработка	100,0	10,000	9,804	9,890	0,086
	Дебаланс	0,0	0,000	-0,512	0,000	0,512

фракций может изменяться в широком диапазоне в зависимости от содержания этих фракций в нефти и требуемой продуктовой корзины НПЗ.

Типичный материальный баланс для нефти ромашкинского месторождения, приведен в работе [12] и представлен в табл. 1 (столбец 3). В столбце 4 табл. 1 показана выработка продукции для суточного объема переработки 10 000 тонн.

Важнейшим показателем, характеризующим работу НПЗ и его конкурентоспособность, является объем переработки и выход светлых нефтепродуктов [13]. Под выходом светлых понимают отношение общего количества произведенных бензинов, дизельных топлив и их фракций, топлива для реактивных двигателей, судового маловязкого и печного топлив к объему переработанного нефтяного сырья (в процентах от перерабатываемой нефти) [14]. В приведенном балансе табл. 1 выход светлых составляет 45,4%.

Рассмотрим изменение точности расчета переработки нефти и производства нефтепродуктов для измеренных и согласованных значений. Распространенной характеристикой точности измерения является стандартное отклонение [15]. В дальнейшем стандартное отклонение используется как характеристика точности измерений.

Будем предполагать нормальный закон распределения $N(\mu_i, \sigma_i)$ ошибок измерительных систем массы с математическим ожиданием μ_i и стандартным отклонением σ_i для i -го продукта ($i=0, \dots, 7$) табл. 1. Математическое ожидание примем равным истинной массе. Для

расчетов предположим, что стандартное отклонение $\sigma_i = 0,01\mu_i$.

Построена имитационная модель согласования данных (ИМСД). Написана программа для имитационного моделирования измерений на языке Python, которая позволяет моделировать процессы измерений массы продуктов и расчет согласованных значений в задаче (1) — (2), визуализировать результаты расчета.

В табл. 1 в столбце 5 представлена одна из реализаций случайных величин, распределённых по нормальному закону. Значение дебаланса d (разность выработки нефтепродуктов и нефти) в этом случае составило $d = -0,512$ т.т. При согласовании данных материального баланса (столбец 6), дебаланс обращается в ноль $d = 0$. При этом измерения корректируются и разница между согласованными и измеренными значениями приведена в столбце 7.

Сравним расчет массы нефти, который получается при моделировании по результатам измерений, со значениями после процедуры согласования данных материального баланса для выборки из $n = 365$ реализаций случайных величин. Выборочное стандартное отклонение $s_I = 0,043$ т для расчёта по согласованным значениям существенно меньше, чем для измеренных значений $s_0 = 0,097$ т, т.е. точность расчета выше.

Таким образом, имитационная модель согласования данных (ИМСД) наглядно показывает увеличение точности расчета переработки нефти и выработки нефтепродуктов на установках первичной переработки нефти при использовании технологии DR. Отметим,

что ИМСД может использоваться для настройки параметров оптимизационной задачи согласования данных (1) — (2) для установок НПЗ.

Автоматизированная система согласования данных нефтеперерабатывающего завода

Работа предприятий нефтепереработки и нефтехимии характеризуется значительными колебаниями свойств сырья, разнообразием технологических режимов. Такие серьезные изменения затрудняют факторный анализ причин изменения показателей эффективности.

В работе предлагается для оценки эффективности методология сравнения эвристического и кибернетического (СЭК) способов сведения материального баланса. В этом случае формируется набор измеренных данных и используются два метода обработки данных, затем результаты сравниваются между собой. Отметим, что аналогичная методология была предложена для расчета эффективности систем оптимального планирования в работе [16]. Один из способов основан на прикладных эвристических алгоритмах и выполняется профессиональными специалистами, а другой, кибернетический, опирается на данные систем управления разного уровня с применением математического моделирования и IT-технологий.

Для решения задачи согласования данных материального баланса нефтеперерабатывающего предприятия применялась программа Production Balance (Honeywell) [7]. Для решения задачи оптимального планирования производства использовалась система RPMS (Honeywell). Основные принципы моделирования нефтехимических кластеров RPMS описаны в статье [17]. Отклонение согласованных значений от оптимальных плановых дает возможность, с одной стороны, актуализировать модель планирования производства [18], с другой — детектировать грубые ошибки измерения при существенных отклонениях выходов продукции.

Для интеграции и анализа данных различных систем управления, таких, как распределенная система управления DCS (Distributed Control System), система управления производственными процессами MES (Manufacturing Execution System), оптимального планирования APS (Advanced Planning and Scheduling), разработана собственная программа SCALPELLUM [19]. Программа позволяет осуществить мониторинг процессов переработки углеводородного сырья, актуализацию моделей оптимального планирования по результатам сведения материального баланса и служила источником измеренных и согласованных данных.

Для сравнения рассмотрены данные по установке первичной переработки нефти АВТ с мощностью по переработке нефти 4,2 млн. т в год. Ключевым показателем эффективности методов сведения баланса по установке принято значение выхода светлых нефтепродуктов. Сравнивались выборочные средние значения, рассчитанные на основании эвристического способа и кибернетического с применением системы автоматизированного сведения баланса. Выборочные средние отличались, их расхождения, как правило, невелики по сравнению со значениями выхода светлых.

Использованы наборы данных, полученные во время внедрения автоматизированной системы сведения материального баланса, когда одновременно применялись оба способа. Статистический анализ имеющихся по установке первичной переработки нефти данных показал, что выход светлых нефтепродуктов по согласованным значениям выше. Отклонение средних значений двух выборок (ручного и автоматизированного) по выходу светлых нефтепродуктов составило 0,7%.

Для ответа на вопрос, вызвано ли обнаруженное расхождение средних неизбежными случайными ошибками сведения баланса или оно обусловлено некоторыми закономерностями, проведена оценка значимости различия выборочных средних, т.е. проверялась гипотеза H_0 с надежностью 0,95 о равенстве средних значений выхода светлых для двух рассмотренных выше способов сведения баланса по установке. Сравнение опиралось на методы математической статистики [20]. Гипотеза H_0 отвергнута.

Более точные согласованные данные материального баланса позволяют настроить работу систем оптимизации. Во-первых, работа систем автоматического управления, как известно, существенно зависит от точности измерений. Оптимизация работы технологического оборудования может быть достигнута применением систем усовершенствованного управления процессами (APC — Advanced Process Control) и систем управления в реальном времени (RTO — Real-time optimization). Повышение точности измерений существенно повысило эффективность работы систем оптимизации [4,21]. Во-вторых, согласованные данные дают возможность скорректировать модель оптимального планирования и, тем самым, повысить точность планирования, реализуемость месячных и календарных планов.

Для различных НПЗ составляющие экономической эффективности по установкам, безусловно, отличаются, но они могут быть рассчитаны на основе предлагаемой методологии СЭК с использованием имеющейся на предприятии фактической информации. Сегодня продвижение технологии согласования данных — это,

по сути, конкуренция за эффективность производства и капитализацию компаний.

Заключение

В условиях жесткой конкуренции управленческие решения должны приниматься на основе тщательно-анализа имеющихся данных измерительных систем, быть математически обоснованными и экономически эффективными. Для повышения достоверности данных в мировой практике применяется технология согласования данных.

Для количественной оценки точности расчетов выхода светлых нефтепродуктов, который является одним из ключевых показателей эффективности в нефтепереработке, предложено использовать имитационное моделирование согласования данных (ИМСД). Показано, что выборочное стандартное отклонение ключевых

показателей эффективности, рассчитанное на основе согласованных данных, меньше, чем для измеренных, поэтому в практических расчетах следует полагаться на согласованные значения.

Предложенная методология сравнения эвристического и кибернетического (СЭК) способов сведения материального баланса применялась для оценки эффекта от внедрения автоматизированной системы сведения баланса для установок нефтеперерабатывающего завода. Проведена оценка эффекта от внедрения систем согласования данных для установки первичной переработки нефти.

Методика СЭК и интерпретация получаемых результатов на основе имитационного моделирования, несомненно, могут быть использованы в других отраслях промышленности для повышения эффективности производства и построения киберфизических систем.

ЛИТЕРАТУРА

- Joly M., Odloak D., Miyake Mario Y. et al. Refinery production scheduling toward Industry 4.0. 2018. *Front. Eng.*, 5(2), p. 202–213.
- Narasimhan S., Jordache C. Data reconciliation and gross error detection: an intelligent use of process data. Houston: Gulf Publishing Company, 2000. 406p.
- Кувькин В.И., Логунов П.Л. Согласования данных материального баланса нефтеперерабатывающего завода // *Автоматизация и информатизация ТЭК*. 2022. № 2(583). С. 41–48. DOI: 10.33285/2782–604X-2022–2(583)-41–48.
- Valentine, J., Videla R. Case study for a high-performing refinery loss control program // *Hydrocarbon processing*. 2019. N5. URL: <https://www.hydrocarbonprocessing.com/magazine/2019/may-2019/process-optimization/case-study-for-a-high-performing-refinery-loss-control-program> (дата обращения: 11.10.2022).
- Data Reconciliation Management System — I-DRMS // URL: <https://indusoft.ru/en/products/indusoft/> (дата обращения: 11.10.2022).
- Aspen Operations Reconciliation and Accounting // URL: <https://www.aspentech.com/en/products/msc/aspen-operations-reconciliation-and-accounting> (дата обращения: 11.10.2022).
- Production Balance PIN — Honeywell Process Solutions. URL: <https://paperzz.com/doc/6820600/production-balance-pin—honeywell-process-solutions>. Last accessed 11 Oct 2021 (дата обращения: 11.10.2022).
- ROMeo Material Balance // URL: <https://www.utitech.com.tw/download/DataSheet/AVEVA/O&O/AVEVA%20Proces%20Optimization/%E7%89%A9%E6%96%99%E5%B9%B3%E8%A1%A1.pdf> (дата обращения: 11.10.2022).
- Кувькин В.И. Использование моделей бизнес-процессов НПЗ в системах планирования и учёта // *Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний*. 2013. № 7. С. 47–48.
- Camara M.M., Soares R.M. et al. Numerical Aspects of Data Reconciliation in Industrial Applications // *MDPI Processes*. 2017. V.5. N.56. 38 p. DOI:10.3390/pr5040056i.
- Подкаменный Ю.А., Бебихов Ю.В., Семёнов А.С., Якушев И.А. Оптимизация системы управления процессом первичной переработки нефти в ректификационной колонне // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки*. 2022. № 5. С. 102–112.
- Технология переработки нефти. В 2-х частях. Часть первая. Первичная переработка нефти /Под ред. О.Ф. Глаголевой и В.М. Капустина. М.: Химия, Колос, 2005. 400 с.
- Тыртов Е., Демидова Е. Российская нефтепереработка: выживут сильнейшие // *Энергетическая политика*. 2021. № 7 (161). С. 30–47.
- ЛУКОЙЛ. Справочник аналитика 2010 // URL: https://lukoil.ru/InvestorAndShareholderCenter/ReportsAndPresentations/AnnualReports_info/ArchiveDataBooks1999–2009?ysclid=19r5id0a6k295874802 (дата обращения: 11.10.2022).
- Колемаев В.А., Калинина В.Н. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: ИНФРА-М, 2000. 302 с.
- Кувькин В.И. Организация автоматизированных систем планирования и материального баланса // *Автоматизация в промышленности*. 2014. № 8. С. 29–33.
- Хохлов А.С., Мишутин Д.Ю., Бородин П.Е. Оптимизационные инструменты моделирования нефтехимических кластеров // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки*. 2019. № 03–2. С. 136–143.
- Кувькин В.И., Брюханов М.В., Кувькина Е.В., Пискунов И.В., Сычев А.Г. Актуализация расчёта вязкости смесей тёмных нефтепродуктов в системе производственного планирования НПЗ. // *Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний*. 2017. № 9. С. 29–35.

19. Кувыкин В.И., Матвеев А.Е., Мелешкевич М.А., Шишмарева Е.В. SCALPELLUM // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU2015662513, 27.11.2015. Заявка № 2015619801 от 13.10.2015.
20. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Анализ данных на компьютере. /Под ред. В.Э. Фигурнова М.: ИНФРА–М, 2002. 528 с.
21. Кувыкин В.И., Кувыкина Е.В., Матвеев А.Е., Сычев А.Г. Повышение эффективности производства при использовании системы согласования материального баланса // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 4. С. 36–40. DOI: 10.17513/snt.37488.

© Кувыкин Вячеслав Иванович (kuykin@itmm.unn.ru), Балашов Роман Дмитриевич (Roman.Balashov@lukoil.com),
Ибулаев Роберт Георгиевич (Robert.Ibulaev@lukoil.com), Мелешкевич Михаил Александрович (melshkevichma@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

ИНФРАСТРУКТУРА JSON WEB TOKEN. ИНФРАСТРУКТУРА ЗАЩИТЫ

JSON WEB TOKEN INFRASTRUCTURE. SECURITY INFRASTRUCTURE

**М. Monakhov
А. Uymin**

Summary. The article considers the security issues of JSON Web Token-based authorization. There is a possible risk of an attacker realizing the threat. This article also considers organization of authentication based on JWT and organization of token storage. When used as additional means of protection, the authors stipulate the organization of a secure encrypted channel to the server infrastructure in order to eliminate the possibility of interception of open (unencrypted) traffic, as well as session tracking.

Keywords: token, jwt, user, web, key.

Монахов Михаил Юрьевич

*Доктор технических наук, профессор,
Владимирский государственный университет им. А.Г.
и Н.Г. Столетовых, кафедра информатики и защиты
информации; заведующий кафедрой, г. Владимир
tmonakhov@vlsu.ru*

Уймин Антон Григорьевич

*Старший преподаватель, ФГАОУ ВО «РГУ нефти
и газа (НИУ) имени И.М. Губкина», г. Москва
au-mail@ya.ru*

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы безопасности авторизации на основе JSON Web Token. Возможен риск реализации угрозы злоумышленником. Также в этой статье рассмотрена организация аутентификации на базе JWT и организация хранения маркеров. При использовании в качестве дополнительных средств защиты, авторы предусматривают организацию защищенного шифрованного канала до инфраструктуры сервера с целью исключения возможности перехвата открытого (не зашифрованного) трафика, а также отслеживания сессии.

Ключевые слова: токен, jwt, пользователь, веб, ключ.

Введение

Авторизация, одна из самых сложных задач при удаленной работе пользователя [1]. Наиболее распространенный функционал в использовании JSON Web Token (JWT) [2]. Как только клиент входит на сайт, каждый следующий шаг включает JWT и предоставляет возможность клиенту получить доступ к инфраструктуре управления активами или ресурсам в системе посредством переданного токена. В настоящее время JWT широко используется в различных областях благодаря его небольшим расходам (техническим и инфраструктурным) и возможности удобного использования в различных сферах (разработанные API и библиотеки) [3].

Целью исследования является описание принципов работы JSON Web Token. Реализация системы защиты процедуры Аутентификации посредством инструментов JSON Web Token, на примере проекта Remoute Topology

Применяя JSON в качестве основы веб-токена, можно передавать данные без риска их потери. Поэтому, если JWT могут быть подтверждены — например с помощью наборов открытых / закрытых ключей, можно

с высокой долей уверенности утверждать, что отправитель является тем человеком, который легитимно осуществляет передачу. В то же время, поскольку метка определяется с использованием заголовков и полезной нагрузки вы также можете подтвердить факт изменения структуры и данных, что позволит определить атаки на целостность информации [4].

Каждая секция веб-токена JSON разделена на три части, каждая из которых полностью независима [5].

- ◆ Текст заголовка
- ◆ Полезная нагрузка
- ◆ Подпись

Заголовок обычно содержит две части. Тип токена (JWT) и используемую технологию подписания, такую как HMACSHA256 или RSA;

Example:

```
{
  "alg": "HS256",
  "typ": "JWT"
}
```

Уникальный идентификатор пользователя, предоставляет токен с датой окончания срока его действия

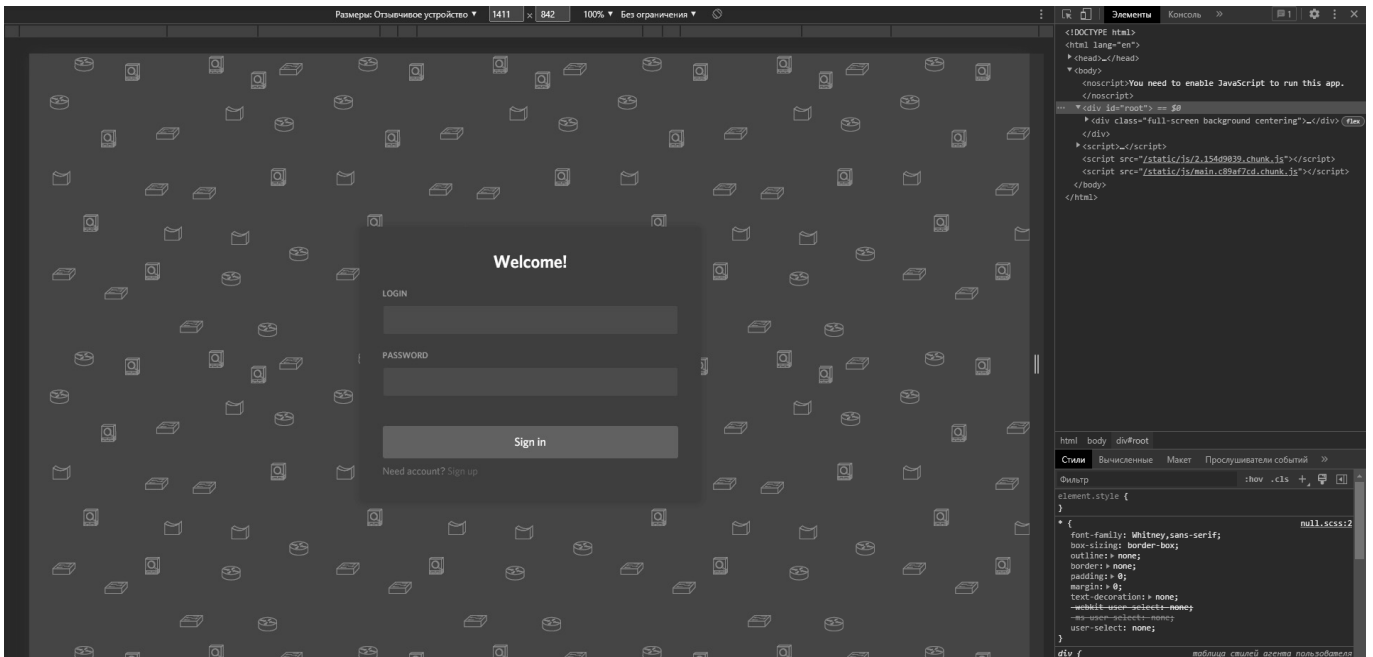


Рис. 2. Изображение проекта RT

в котором происходит формирование начального сегмента токена.

Этап 2: с помощью Base64encode можно кодировать полезную нагрузку. В состав полезной нагрузки входят особенности клиента. Он структурирует вторую часть токена.

Этап 3: создается хэш заголовка и полезной нагрузки. Для этого используют расчет HMAC.

Этап 4: в настоящее время полученный хэш снова шифруется посредством SHA256, а также скрытый ключ для формирования последней части подписи, закодированной с помощью base64. Формирует третью часть токена.

Этап 5: все три зашифрованные части соединены между собой и изолированы точками. На основе этой базы создается база JWT, которая имеет длину 304 байта.

В действительности токены JWT не зашифрованы, они просто записаны в базу Base64encode. JWT — это совокупность всех «индивидуальных особенностей» клиента, используемых для проверки и подтверждений. Аналогично, у нас нет предпочтений в том, чтобы максимально эффективно раскрыть все «индивидуальных особенностей» внутри токена для каждого пользователя. Поэтому в них добавлена часть encode с целью их открепить, от пользователя. У человека, имеющего тай-

ный ключ, есть возможность контролировать все нюансы передачи. JWT имеет три основных раздела: заголовок, полезную нагрузку и подпись. Это необходимо для того чтобы понять каким образом можно использовать эти вычисления при разработке и возможных атаках.

Данный код содержит различные вычисления шифрования, которые используются в blends [8]. Их использование заключается в применении хэш-мощностей или вычислений хэша, симметричных вычислений и неправильных вычислений — все это используется совместно для повышения защищенности системы. Используют две вычислительные операции, которые основаны на использовании одного вычисления, как правило, вычисление хэш-кода или ключа шифрования, для информации о заголовке и полезной нагрузке, сохраненной отдельно от информации, изменяющейся позднее вместе с ключом шифрования, который является секретным ключом, эти хэшированные части. В соответствии с этим JWT использует два вычисления в blend, хэш + симметричный алгоритм, например: SHA-256, который использует вычисление хэша HMAC для хэширования заголовка и части полезной нагрузки, позже он использует SHA-256 для хэширования последней группы с секретным ключом, используемым для цифровой подписи. При использовании этого метода, ключ используется для скремблирования и создания цифровой подписи [9]. При этом, если клиент хочет получить доступ к системе, он должен пройти регистрацию или передать запрос на вход в систему обработчику. Секретный ключ в качестве закрытого ключа использу-

ется для подписания токена, после чего создается JWT и отправляется клиенту. После изготовления JWT его нужно будет отправить куда-нибудь, чтобы клиент мог добавить запрос с токеном при каждом входе в систему. В результате, мощность (степень секретности хранения) переходит от хранения договора к соседней мощности. Предположим, что веб-маркер JWT хранится в соседнем хранилище. При необходимости получить определенную информацию из информационной базы с помощью любого HTTP-запроса или, по сути, интерфейса программирования клиент должен прикрепить токен как маркер носителя и отослать его обработчику. Если авторизация была успешно пройдена, он сообщает об этом клиенту.

При регистрации на сайте пользователь вводит всю информацию: имя пользователя, электронная почта и так далее. В проекте RT предложен следующий интерфейс [10] (см. Рисунок 2)

Позже будет введен пароль. Как только пользователь входит на сайт, все данные пользователя аутентифицируются и проверяются. После проверки генерируется токен JWT и передается пользователю. Для того чтобы воспользоваться любыми функциями, пользователь должен отправить JWT в заголовок HTTP и отправить его на сервер программного обеспечения. На сервере проверяется код, который был получен от пользователя. В случае подтверждения он может получить право доступа к запрашиваемым фактам, в результате чего статистика возвращается пользователю.

JWT.io — это сайт, который обеспечивает интерпретацию токена JWT. Он осуществляет проверку заголовка и часть полезной нагрузки токена JWT. В то время как маркированная часть JWT-токена не раскрывается. Чтобы узнать метку и изменить суть JWT-токена, необходим секретный ключ. Сайт JWT.io помогает нам проверить, является ли полученный токен JWT или нет, а также проверить, является ли токен просроченным или действующим. JWT.io анализирует токен: разделяет его на заголовки, полезную нагрузку и подпись, считая полные остановки разделенной частью. Затем, каждый момент, он берет отдельный из всех разделенных элементов и разворачивает с помощью декодера Base64, и показывает конечные результаты в правой половине веб-страницы, каждый в отдельности. Компонент подписи остается в стороне и запрашивает секретный ключ, который является основным элементом защиты токена JWT [11].

В настоящее время разработчики прилагают усилия для создания приятных для человека приложений и повышают эргономику их использования. Для достижения этой цели используются стеки для создания программ в ограниченные временные интервалы. Одним из таких

стеков является стек JavaScript, называемый стеком MERN [12]. MERN помогает разработчикам создавать эффективные сетевые программы в короткие сроки, используя только знание JavaScript. Большим преимуществом стека JavaScript является легкая интеграция и эффективное тестирование. С ростом потребностей в Интернете спрос на веб-приложения значительно увеличился. Веб-сайты, которые раньше представляли собой комбинацию HTML, CSS, PHP или сложного JavaScript, теперь уже не отвечают современным требованиям. Веб-сайты переходят в разряд веб-приложений, в которых задействованы высоко динамичные данные. С ростом спроса на динамические данные вырос и спрос на высокий уровень пользовательского опыта. Таким образом, разработчики стремятся сделать новые веб-приложения более интеллектуальными, быстрыми и эффективными, что негативно сказывается на защищенности решений. Чтобы обеспечить высокую эффективность и масштабируемость веб-приложений, разработчики сегодня используют набор технологий, позволяющих сделать все возможное. Этот набор технологий в совокупности называется стеком. Исходя из текущих потребностей пользователей, инженеры-программисты используют стековую веб-разработку, при которой они разрабатывают веб-приложения на основе уже существующих фреймворков (например, JavaScript framework). Два популярных фреймворка развились из JavaScript и являются наиболее востребованными — MEAN (Components include Mongo DB, Angular JS, Express, and Node) и MERN (Components include Mongo DB, React JS, Express, and Node). Оба стека созданы из компонентов с открытым исходным кодом и предоставляют сквозную основу для создания динамических комплексных веб-приложений, которые позволяют браузерам подключаться к базе данных. Два важных преимущества использования стека:

- ◆ Путаницы в кодировании можно избежать, просто кодируя на одном языке.
- ◆ Гибкость может быть развита во всех веб-приложениях, разработанных с использованием стека.

При реализации проекта Remoute Topology, были применены следующие компоненты системы:

- ◆ PostgreSQL — это объектно-реляционная система управления базами данных (ОРСУБД, ORDBMS), основанная на POSTGRES,
- ◆ Axios — это HTTP-клиент с открытым исходным кодом, который основан на Promise для node js и браузера. Он изоморфный (= он может работать в браузере и node.js с той же базой кодов). На сервере он использует нативный node.js http-модуль, а на стороне клиента (браузер) он используется XMLHttpRequests.
- ◆ React появился в системе Facebook, в рекламном агентстве Facebook. Изначально разработчики

в facebook использовали стандартную клиентскую модель MVC, но в ней были все данные как для шаблонов, так и для представлений. Представления — это те, которые реагируют на изменения в моделях, просто изменяя их размер. По мере увеличения сложности, в приложение вносились новые изменения. Поскольку в коде обновления будут тонкие различия в зависимости от причины обновления, каскадные обновления сложно поддерживать.

- ◆ Node.js — это событийно-управляемая реализация JavaScript, предназначенная для реализации масштабируемых сетевых приложений. Node.js использует событийно-асинхронную модель, которая не исключает модель I/O, что делает ее эффективной, простой и высокопроизводительной.

Браузер отображает учетные данные для входа в систему во время регистрации посредством HTTP-запроса к веб-серверу.

На стороне сервера генерируется секретный ключ, используя хэш пароль и строку ноль или ASCII значение «48».

На сервере генерируется JSON веб-токен с учетом секретного ключа.

Сгенерированный токен отправляется в браузер для последующих запросов.

Теперь вместе с каждым HTTP-запросом в HTTP-заголовке отправляется JSON web-токен для авторизации и аутентификации пользователя браузером.

Сервер рассматривает маркер и проверяет, разрешен ли пользователю доступ к запрашиваемым данным.

Если аутентификация и доступ разрешены, браузер получает нужные данные в качестве ответа по протоколу HTTP.

Таким образом, можно отметить, что реализация JSON Web Token в рамках проекта Remoute Topology является стандартной для данного класса программного обеспечения, и предположить, что она подвержена основным типам уязвимостей (атак) рассматриваемых для JWT.

Использование инструмента Wireshark [13] позволяет захватить и анализировать сетевой трафик, который содержит момент авторизации пользователя. При изучении запроса «http» обнаруживаем в нем cookie, а внутри «tokenAccess». На сегодняшний день веб-токены JSON (JWT) используются для обеспечения безо-

пасности и аутентификации пользователей на сайтах, API. Далее, после копирования и проверки полученного JWT (см. Рисунок 1) определяем, что используется симметричное шифрование HS256. Также расшифровка дает нам Username человека, который находится в payload.

Примеры атак на данный тип шифрования можно найти в базе уязвимостей. Согласно базе CVE в настоящее время к актуальным угрозам можно отнести следующие: CVE-2015-2951, CVE-2015-9235, CVE-2016-5431, CVE-2016-10555, CVE-2018-0114, CVE-2018-1000531, CVE-2019-20933, CVE-2019-7644, CVE-2020-28042

Реализация которых возможна, как из-за ошибок разработчиков, так и в виду примирения специализированных эксплоитов, входящих в большинство стандартных баз. Данные проблемы особенно остро встают при рассмотрении вопросов разработки отечественных программных продуктов, на базе международных проектов, с учетом возможностей атак на программный код отдельной страны и сложности верификации программного кода сот международного сообщества [14]. Все данные уязвимости можно определить как инфраструктурные, т.е. при корректной разработке и сопровождении программного обеспечения атака на данные уязвимости не принесет успеха. Сложность при работе состоит в подходах к моделям угроз и применении парадигм инженерного мышления и формальной логики [15]

Киберпреступность сегодня отдельный вектор бизнеса. Постоянное усовершенствование методов защиты становится необходимым сопровождением ИТ инфраструктуры. Атаки «грубой силы», фишинг, перехват трафика и т.д. показывают, что применение только базового инструмента, основанного на аутентификации — недостаточно. Аутентификация, на основе маркеров, в сочетании с дополнительными методами аутентификации создает только базовую защиту. Системы авторизации на базе маркеров, считаются достаточно безопасными, но не смотря на все их преимущества, всегда существует риск реализации угрозы злоумышленником. Поэтому в данной статье рассмотрен вопрос организации аутентификации на базе JWT, организации хранения и передачи маркера. Сделан акцент на возможности перехвата трафика, что повышает риски потери информации и получения доступа злоумышленником. В качестве дополнительных средств защиты, авторы предусматривают организацию защищенного зашифрованного канала до инфраструктуры сервера, с целью исключения возможности перехвата открытого (не зашифрованного), трафика, а также отслеживания сессий с возможностью дополнительной идентификации пользователей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Setiawan E.R. Implementasi Authentication & Authorization Berbasis JWT Pada Sistem Pengelolaan Perkuliahan Menggunakan Algoritma HMAC: дис.— Universitas Muhammadiyah Ponorogo, 2022.
2. Jones M., Campbell B., Mortimore C. Json web token (jwt) profile for oauth 2.0 client authentication and authorization grants. — 2015. — № . rfc7523.
3. Dalimunthe S., Reza J., Marzuki A. The Model for Storing Tokens in Local Storage (Cookies) Using JSON Web Token (JWT) with HMAC (Hash-based Message Authentication Code) in E-Learning Systems //Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS). — 2022. — Т. 3. — № . 2. — С. 149–155.
4. Bulgakova O. et al. Risk of Information Loss Using JWT Token. — 2021.
5. Dalimunthe S., Reza J., Marzuki A. The Model for Storing Tokens in Local Storage (Cookies) Using JSON Web Token (JWT) with HMAC (Hash-based Message Authentication Code) in E-Learning Systems //Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS). — 2022. — Т. 3. — № . 2. — С. 149–155.
6. Alkhulaifi A., El-Alfy E. S.M. Exploring Lattice-based Post-Quantum Signature for JWT Authentication: Review and Case Study //2020 IEEE91st Vehicular Technology Conference (VTC2020-Spring). — IEEE, 2020. — С. 1–5.
7. Allali H. Authentication Model Based on JWT and Local PKI for Communication Security in Multi-agent Systems //Innovation in Information Systems and Technologies to Support Learning Research: Proceedings of EMENA-ISTL 2019. — 2019. — Т. 7. — С. 469.
8. Wu Y. et al. One-pot Synthesis of Multifunctional KGM/PDA/PVDF Composite Membrane for Efficient Treatment of Oil–water Emulsion and Dye //Nano.— 2021. — Т. 16. — № . 03. — С. 2150025.
9. Sabir B.E. et al. Authentication Model Based on JWT and Local PKI for Communication Security in Multi-agent Systems //International Conference Europe Middle East & North Africa Information Systems and Technologies to Support Learning. — Springer, Cham, 2019. — С. 469–479.
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021619990 Российская Федерация. RemoteTopology-модуль авторизации: № 2021613424: заявл. 09.03.2021: опубл. 21.06.2021 / А.Г. Уймин, С.В. Любкин. — EDN KEDGKG.
11. Курьянович Д.Ю. Аутентификация при помощи JsonWebToken (JWT). Структура JWT. — 2020.
12. Dhivya K.D.R., Sangeetha N. Json Web Token Used in MERN Stack for Making-Commerce Web-Application //Journal homepage: www. ijrpr. com ISSN.— Т. 2582. — С. 7421.
13. Pramukantoro E.S., Bakhtiar F.A. Cloud-based Middleware for Syntactical Interoperability in Internet of Things //Journal of Information Technology and Computer Science. — 2020. — Т. 5. — № . 1. — С. 32–37.
14. Уймин, А.Г. Инструментальные средства обучения компьютерным сетям. Развёртывание на базе российского программного обеспечения / А.Г. Уймин, Г.И. Токарев // Системы управления и информационные технологии. — 2022. — № 4(90). — С. 88–92. — DOI 10.36622/VSTU.2022.90.4.019.
15. Уймина, О.И. Стереотипы как границы креативного инженерного мышления / О.И. Уймина // Инженерное мышление: социальные перспективы: материалы международной междисциплинарной конференции, Екатеринбург, 12–13 февраля 2020 года / Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. — Екатеринбург: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство «Деловая книга», 2020. — С. 197–202

© Монахов Михаил Юрьевич (mmonakhov@vlsu.ru), Уймин Антон Григорьевич (au-mail@ya.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВЗАИМОСВЯЗЬ ЖИЗНЕННЫХ ЦИКЛОВ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ И МИКРОПРОЦЕССОРА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОПЕРАЦИИ Понижения РАЗРЯДНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Приходько Дмитрий Игоревич

Магистр, инженер вычислительных и электронно-вычислительных машин, ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН,

г. Москва

mitry1205@mail.ru

RELATIONSHIP OF LIFE CYCLES OF OPERATING SYSTEM AND MICROPROCESSOR IN RELATION TO OPERATION OF COMPUTATION REDUCTION

D. Prikhodko

Summary. The article examined the interaction of the operating system and the microprocessor as components of a multi-bit computing system in terms of life cycle theory and operation stage. An author's approach to considering the interaction of components of a multi-bit computing system is proposed. The features of the operation of the microprocessor in a multi-bit computer system were described, and from the point of view of life cycle theory, it was shown that the operating rules obey the cascading life cycle model. The features of operating the operating system in a multi-bit computer system were described, and from the point of view of life cycle theory, it was shown that the operating rules obey the version model of the life cycle. A structural diagram of the interaction between a multi-bit microprocessor and a multi-bit operating system was built using the example of the AMD64 microprocessor command system and using the Microsoft-family Windows multi-bit operating system as the basis.

Keywords: Operation, multi-bit operating system, • life cycle of information systems, AMD64 microprocessor.

Аннотация. В статье была рассмотрено взаимодействие операционной системы и микропроцессора как компонентов мультиразрядной вычислительной системы с точки зрения теории жизненных циклов, и этапа эксплуатации. Предложен авторский подход к рассмотрению вопроса взаимодействия компонентов мультиразрядной вычислительной системы. Были описаны особенности эксплуатации микропроцессора в мультиразрядной вычислительной системе, а с позиции теории жизненного цикла было показано что правила эксплуатации подчиняются каскадной модели жизненного цикла. Были описаны особенности эксплуатации операционной системы в мультиразрядной вычислительной системе, а с позиции теории жизненного цикла было показано что правила эксплуатации подчиняются версионной модели жизненного цикла. Была построена структурная схема взаимодействия мультиразрядного микропроцессора и мультиразрядной операционной системы на примере системы команд микропроцессора AMD64 и использования в качестве основы мультиразрядной операционной системы системы Windows семейства Microsoft.

Ключевые слова: Эксплуатация, мультиразрядная операционная система, жизненный цикл информационных систем, микропроцессор AMD64.

Введение

На момент создания данной статьи обзор взаимодействия компонентов мультиразрядных вычислительных систем ранее не было произведено. Важно отметить, что к мультиразрядным вычислительным системам относят вычислительные системы, которые способны работать на нескольких режимах работы с возможностью смены режима работы без использования перезагрузки.

Для существенного увеличения надежности выполнения задач микропроцессором при работе в космических [1–3] или иных неблагоприятных условиях, в частности это ионизирующее излучение, используются

несколько методов, которые являются классическими для технических систем.

Их можно описать следующим образом:

1. **Отключение поврежденных дублей.** Подразумевается для вычислительных систем, когда в неё внедрен избыточный функционал, и затем постепенно под воздействием ионизирующего излучения идет постепенное сокращение дублирующих компонентов, и в результате снижается производительность системы, однако функционал сохраняется полностью без изменения.
2. **Снижение функционала системы.** Подразумевает отключение избыточного функционала системы до максимально допустимого уровня, при

котором допускаем. Для этого может использоваться и операция понижения разрядности вычислений [4, 5].

При рассмотрении понятия эксплуатация с позиции теории жизненного цикла, в которой эксплуатация является одним из этапов, одним из самых сложных вопросов, возникающих в процессе анализа, является взаимодействие микропроцессора с используемой операционной системой, которая обладает возможностями работать на нескольких режимах работы микропроцессора без переноса приложений, и поэтому является мультиразрядной системой.

Указанная особенность работы операционной системы и микропроцессора уже подразумевает особый механизм взаимодействия с точки зрения этапа эксплуатации [6] из теории жизненного цикла. Анализ этой особенности и является целью настоящей статьи. Для выполнения анализа авторами, в качестве примеров технических изделий будет рассмотрен микропроцессор совместимый с системой команд AMD64, который относится к классу CISC (полный набор команд), и по построению стека имеет тип архитектуры Фон-Неймана и академика Лебедева. А для примера «версий» операционных систем будет взята Windows, поскольку существует в виде версий для всех режимов работы AMD64.

Методология

При изучении вопроса, описанного в цели статьи: взаимосвязь жизненного цикла операционной системы и микропроцессора применительно к операции понижения разрядности вычислений, необходимо определить каким образом осуществляется переключение режимов работы микропроцессора, и как именно на это должна реагировать операционная система. Однако, прежде чем рассмотреть эту взаимосвязь необходимо определиться с тем, к какому типу жизненного цикла относятся операционная система и микропроцессор архитектуры AMD64.

Набор команд AMD64 предусматривает 3 режима работы [7]:

1. **Real mod** — совместим с i8086. Это уровень прошивки BIOS и UEFI.
2. **Protected mod** — совместим с i386 и более новыми моделями. Этот режим используется в настоящее время на устаревающих компьютерах и бюджетных гаджетах (планшеты, ноутбуки маломощные).
3. **Long mod** — совместим с Amd Athlon 64. Это последний режим работы для микропроцессоров AMD64, и самый функциональный. Он работает практически во всех последних микропроцессорах

AMD и Intel. До некоторого времени использовалась еще и версия IA-64 (Itanium), однако на рынке она оказалась неудачной.

Из всех перечисленных режимов работы для ОС Windows и программ сейчас основным режимом работы является режим Long Mod, который вытесняет постепенно режим Protected mod, который был основным до 2010 года. До 2020 года от поддержки 32-битных микропроцессоров уже отказались компании виртуализации — VMWARE, Oracle выпускающая VirtualBox, и многие другие.

Последним решением, что этот тип приложений уходит в прошлое — это выпуск Windows 11 без поддержки этого режима.

Типы поддерживаемых приложений микропроцессором для каждого режима работы выглядит таким образом:

1. **Real mod.** Так как режим совместим с i8086, то работающие приложения могут использовать лишь возможности режима i8086 с некоторыми дополнительными функциями в виде использования регистров 32 бит общего назначения.
2. **Protected mod.** Типы приложений, которые поддерживаются на этом режиме, совместимы с процессором i386 и новее, что позволяет использовать доступные возможности, начиная с i386 и заканчивая некоторыми расширениями MMX, SSE, SSE2.0 которые присутствовали в последних поколениях моделей микропроцессоров.
3. **Long mod.** Для этого режима характерна работа всех последних на момент публикации статьи приложений, которые были выпущены для процессора AMD Athlon 64. Ограничения по работе вызваны только тем, что используются не все возможности последних поколений в виде SSE4.0 и новее.

Тем не менее, выпущенные программы для старых микропроцессоров, к которым относятся приложения Protected mod и Real mod вполне способны работать полностью на современных микропроцессорах при условии совпадения режимов, но иногда и режимов более новых.

Например запуск программы Real mod (приложение 16bit Windows) на режиме Protected mod на системе Windows NT 3.50 продемонстрирован на Рис. 1.

Важно отметить, что, хотя и приложение собрано старым компилятором под старые системы, особых трудностей в работоспособности на Windows NT 3.50 оно не испытывает особых проблем при запуске про-

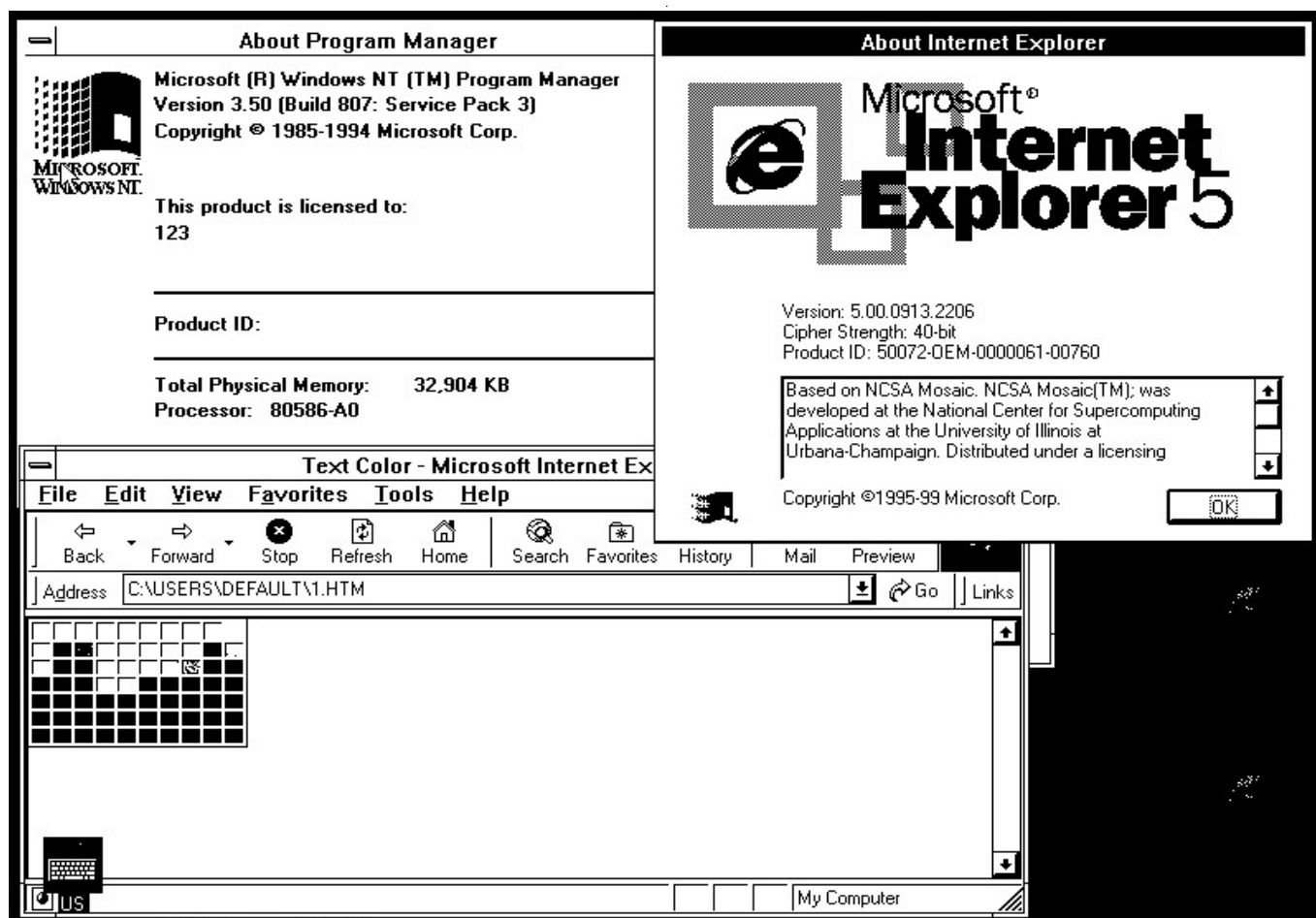


Рис. 1. Скриншот запуска программы Windows 3.1 на примере Internet Explorer 5.0, под системой Windows версии NT 3.50.

граммы, тем не менее в некоторых случаях из-за ограничений некоторые приложения запуститься не смогут. К таким приложениям относят в первую очередь драйвера и некоторые приложения при условии использовании низкоуровневых средств — дефрагментаторы, утилиты реестра и пр.

В свою очередь запуск приложений, написанных для режима Protected Mode, на режиме Long mode имеют свои ограничения, например, низкоуровневые утилиты и драйвера работать не будут полностью, приложения Real Mode не работают без специальных эмуляторов окончательно. На примере запуска программы GreenPad (см. рис. 2), которая была перенесена на старые версии ОС Windows не официально, прекрасно себя чувствует на Windows 10 64 bit (набор команд AMD64), которая является предпоследней версией Windows на момент публикации статьи.

Учитывая, описанные особенности поведения микропроцессора, можно констатировать факт того, что

современный микропроцессор с точки зрения предоставляемых возможностей может быть представлен как несколько версий, предоставляющий различный интерфейс без необходимости менять физически микропроцессор. Например, архитектура AMD64 включает наборы инструкций IA32 и x86 для совместимости с приложениями, которые были написаны для прошлых поколений микропроцессоров, так как в противном случае получится аппаратная несовместимость при выполнении программы. Например, программы, созданные для микропроцессора i8085 не могут быть выполненными на микропроцессоре i8086, что связано с различными механизмами адресации и подтверждено официальной документацией. Для решения этой задачи в те годы писали программные конверторы для языка assembler, и полученные решения в последствии перекомпилировали. Затем был создан эмулятор i8085 и на нем можно запустить систему CP/M-80 для этого поколения микропроцессоров.

Но так как каждый режим является ещё и не просто версией, а последней доступной версией в семействе

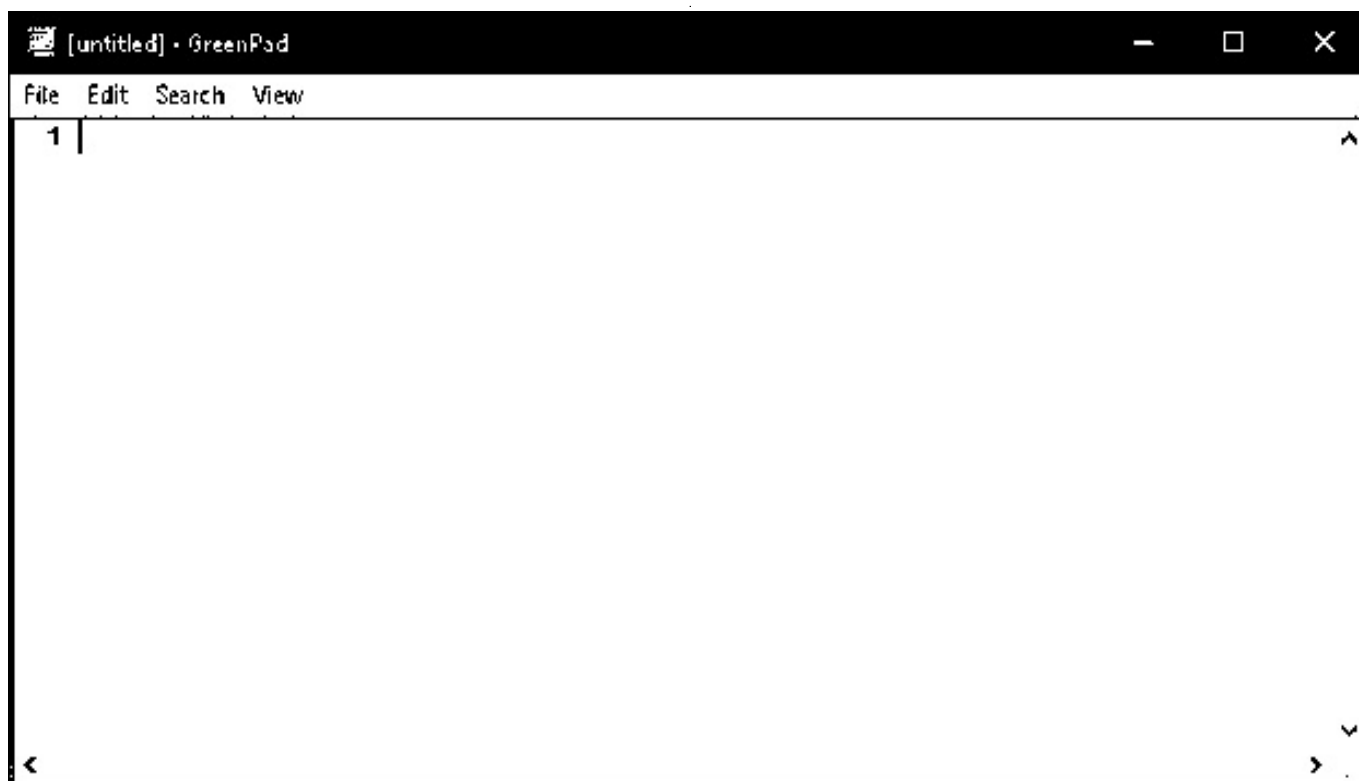


Рис. 2. Приложение GreenPad, перенесенное для использования в Win32s пакета, запущенное на системе Windows 10 64 bit.

микропроцессоров старого режима, то значит, что приложения смогут использовать максимально эффективным образом возможности каждого режима работы. Например, Real Mod допускает использование системы команд i286 в режиме 16 бит, хотя в этом микропроцессоре появились первые зачатки режима Protected mode.

Следовательно, микропроцессор с точки зрения теории жизненного цикла при условии использования операции жизненного цикла взаимодействует с операционной системой с позиции каскадной модели жизненного цикла.

Однако, поскольку вычислительные системы состоят не только из микропроцессора, но ещё и операционной системы, то возникает вопрос о характере поведения операционной системы при выполнении смены режима работы микропроцессора.

Ответ на этот вопрос можно дать следующим образом:

1. Смена режима микропроцессора должна будет неизбежно происходить смена «версии» операционной системы, что связано со сменой правил адресации.

2. Это влечет за собой замену или модификацию драйверов, а также перестройки набора функций в системе.
3. Перестройка функционала системы ведет к перестройке правил определения механизмов обращения к функциям операционной системы внутри программного обеспечения, что требует от программ специальной обработки.

Поэтому программы, которые будут работать в операционных системах должны обладать специальными свойствами, которые заключаются в следующих особенностях:

1. Программа содержит необходимый набор команд на выбранные режимы микропроцессора.
2. Для специальных областей программы, отвечающих за оптимизацию — должны быть обрмлены специальными инструкциями, и использоваться только для каждого из выбранных режимов работы. К примеру, у IA-32 программах используется возможность выбора разрядности стека — 32 и 16 бит, что использовалось в 90-х годах.
3. Формат исполняемого файла должен распознаваться всеми выбранными версиями системы.



Рис. 3. Структурная схема взаимосвязи режимов микропроцессора и доступной операционной системы.

Следовательно, при смене режима работы или разрядности вычислений микропроцессора происходит полная смена «версии» операционной системы и некоторых приложений. По этой причине можно утверждать, что операционная система взаимодействует с микропроцессором по версионному жизненному циклу.

Результаты

Так как модель смены режима работы (разрядности вычислений) с точки зрения микропроцессора является жизненным циклом каскадного типа, тогда режимы работы микропроцессора с доступными операционными системами можно схематично построить в виде структурной схемы эксплуатации (см. рис. 3).

Поэтому, на основе рис. 3 получаются однозначные выводы об том, что смена режима работы микропроцессора согласно теории жизненного цикла, полностью подчиняется каскадному жизненному циклу, что объясняется несколькими важными причинами:

1. Весь функционал со всеми интерфейсами расположен на одном кристалле, что позволяет при выполнении смена режима не заменять физически устройство.

2. При смене режима работы со старшего на младший, появляются все возможности, которые были доступны для предыдущих поколений. При смене с AMD64 на режим IA-32 остается возможность использовать расширения MMX и SSE2.0.

Структурную схему взаимодействия операционной системы применительно к режимам работы микропроцессора, которая взаимодействует по версионному жизненному циклу, можно описать структурной схемой, которая изображена на Рис. 4:

По этой причине, взаимодействие операционной системы и микропроцессора, обладающими возможностями менять режимы работы при эксплуатации, можно представить в общем виде как взаимодействие версионной и каскадной модели жизненного цикла.

В частном случае на примере версий ОС Windows и микропроцессора AMD64 это взаимодействие может быть изображено схожим образом со схемой, изображенной на рис. 5.

Изображенная на рис. 5 структурная схема связи жизненных циклов операционной системы и микропроцессора демонстрирует, что жизненный цикл мультимедийного



**Соответствие режима работы микропроцессора AMD 64
и возможных моделей операционных систем**



Рис. 4. Структурная схема взаимосвязи операционной системы и доступных режимов микропроцессора.

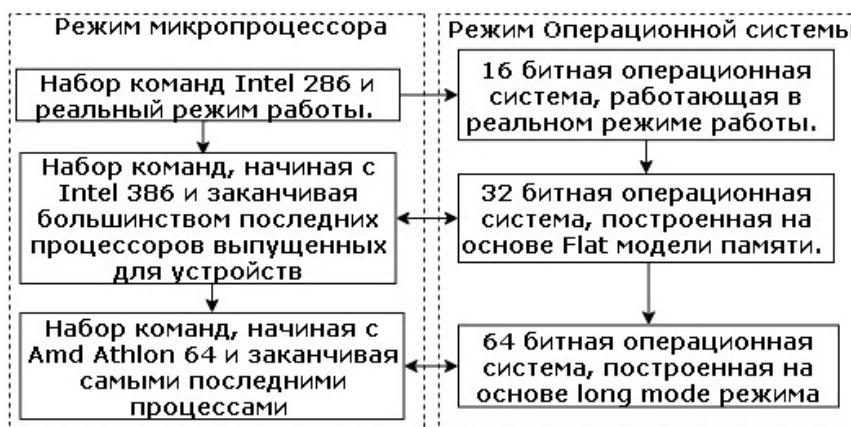


Рис. 5. Структурная взаимосвязь режимов работы при эксплуатации микропроцессора и операционной системы.

тиражированной вычислительной системы представляет собой связь жизненных циклов каскадного элемента (микропроцессор) и версионного элемента (операционная система).

Обсуждение

Механизмы смены режима работы микропроцессора и операционной системы необходимы в первую очередь

для того, чтобы добиться возможности эффективной работы в условиях экстремальной окружающей среды, например, космическом пространстве. Однако, требуется уточнить за счет чего достигаются указанные возможности в контексте анализа взаимодействия жизненных циклов микропроцессора и операционной системы.

Так как в простейшем случае, мультиразрядная операционная система состоит из нескольких версий

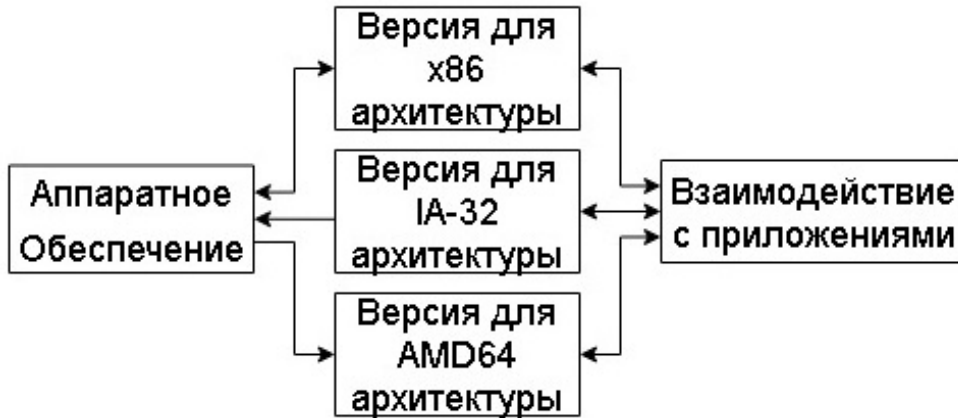


Рис. 6. Общая структура мультиразрядной операционной системы, реализованной для микропроцессора AMD64

стандартных операционных систем, функционирующих на одном или нескольких режимах адресации микропроцессора, то при смене режима микропроцессора произойдет просто переключение за счет внутренних механизмов операционной системы с одной «версии» под режим адресации на другую «версию» поддерживающую другой режим работы.

Например, структура мультиверсионной операционной системы, построенной на основе семейства операционных систем Windows, в упрощенном виде имеет вид, аналогичный рис. 6. Реализация структуры на этой системе требует, как техническую часть, для которой необходимо реализовать как минимум следующие механизмы:

1. Механизм загрузки каждой версии для каждого из выбранных режимов работы микропроцессоров в соответствии с методиками сохранения затем резервных версий, предназначенных для других режимов работы, в соответствующее место — или на жесткий диск или в оперативную память.
2. В соответствии с механизмом загрузки каждой версии, необходимо реализовать особые механизмы переключения версии с жесткого диска или оперативной памяти, которые будут осуществлять горячую смену версии без необходимости перезагрузки.
3. Механизмы драйверов операционной системы. Необходимо сделать специальные драйвера, которые смогут работать в нескольких режимах работы. Например, это драйвера дискового контроллера или адресов BIOS. На него очень сильно похож драйвер vxd, однако он требует возможностей микропроцессора i386 и новее, что для использования в 16-ти битном окружении не всегда возможно.

4. Разработку и проектирования особого программного обеспечения. Это создание специального программного обеспечения, которое необходимо для того, чтобы можно было при смене режима работы избежать потери данных в программах и потери времени на восстановление полученных результатов.

Для микропроцессора в свою очередь нужны следующие механизмы:

1. Доработки механизма смены режима работы, которые будут сохранять значения стека и регистров с целью дальнейшей обработки после переключения.
2. Механизмы преобразования целочисленных вычислений, чисел с фиксированной точкой и также вычислений для чисел с плавающей точкой.
3. Возможность использовать резервные триггеры. Это необходимо для повышения надежности сохраняемых данных внутри микропроцессора.

Описанные в статье требования к микропроцессору и операционной системе объясняется минимальным размером адреса в регистре, на который можно ориентироваться. В десятичной системе счисления размер адреса равен 0,7 от размера регистра в текущем режиме работы. Потеря порядка 0,3 значащих значений от числа является в рамках мультиразрядных систем допустимой, так как повреждение триггера в регистре может быть обнаружено не сразу или в случае выполнения критического процесса может привести к фатальному завершению, как программы, так и работы всей системы по причине повреждения целостности адресации в системе.

В качестве практического применения приведенного в статье подхода, можно применить к полученному результату [8] автором работ.

Рассмотренное взаимодействие жизненных циклов в статье дает первичное представление о возможностях проектирования мультиразрядной операционной системы и микропроцессора, которые позволяют с точки зрения техники существенно повысить надежность вычислительной системы.

Заключение

В статье были рассмотрены вопросы взаимодействия внутренних механизмов мультиразрядной вычислительной системы с точки зрения теории жизненных циклов. Был рассмотрен характер эксплуатации микропроцессора в экстремальных условиях окружающей среды, в результате анализа которого было выявлено, что эксплуатация микропроцессора в мультиразрядных вычислительных системах соответствует каскадному жизненному циклу эксплуатации.

В свою очередь рассмотрение характера эксплуатации операционной системы, когда она эксплуатируется в рамках мультиразрядной вычислительной системы с микропроцессором, который может изменять раз-

рядность, приобретает версионный характер эксплуатации с точки зрения теории жизненного цикла.

В обсуждении были описаны основные особенности эксплуатации микропроцессора, для внедрения которых, необходимо разработать специальные механизмы, в числе которых внутренние механизмы по преобразованию типов вычислений, сохранения слепка регистров, а также дополнительный набор триггеров.

В обсуждении были описаны основные особенности эксплуатации операционной системы, для создания которой из версии необходимы дополнительные специальные механизмы, из которых необходимыми в первую очередь являются механизм переключения версии операционной системы, особый механизм загрузки операционной системы с учетом хранения версий, особая реализация драйверов и программного обеспечения.

Была построена структурная схема взаимодействия микропроцессора и операционной системы как компонентов вычислительной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dong, Z., Guo, Y., Gong, Y., Li, C. A high reliability radiation hardened on-board computer system for space application (2016) Proceedings — 2016 6th International Conference on Instrumentation and Measurement, Computer, Communication and Control, IMCCC2016, № 7774866, pp. 671–674. DOI: 10.1109/IMCCC.2016.82.
2. Narita, T., Taeda, M., Kato, M., Kusano, M., Masukawa, K., Takada, M., Takada, H., Ishida, T., Fukuda, S., Matsuzaki, K., Takahashi, T., Nomachi, M. High-reliability SpaceWire engine implemented on the SOISOC3 microprocessor: Components, short paper (2016) Proceedings of the 2016 7th International SpaceWire Conference, SpaceWire 2016, № 7771608. DOI: 10.1109/SpaceWire.2016.7771608.
3. Polo, Ó.R., Sánchez, J., da Silva, A., Parra, P., Hellín, A.M., Carrasco, A., Sánchez, S. Reliability-oriented design of on-board satellite boot software against single event effects (2021) Journal of Systems Architecture, 114, № 101920. DOI: 10.1016/j.sysarc.2020.101920
4. Мокряков, А.В. & Приходько, Д.И. Общие концепции и идеи теории эксплуатации в контексте вычислительной техники. (2020). Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. № 12. С. 88–92.
5. Горшков, В.В., Приходько, Д.И. & Мокряков, А.В. Устройство для управления конфигурацией вычислительной системы. (2021). Патент на полезную модель 207176 U1, 15.10.2021. Заявка № 2021118609 от 25.06.2021.
6. Горшков, В.В., Приходько, Д.И. & Мокряков, А.В. Устройство для управления разрядностью вычислений. (2022). Патент на полезную модель 209758 U1, 22.03.2022. Заявка № 2021118607 от 25.06.2021.
7. Мокряков, А.В. & Приходько, Д.И. Критерии анализа эксплуатационных характеристик первичных мультизагрузчиков. (2020). Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. № 12. С. 93–96.
8. М.В. Дебиев, Р.А.-М. Магомадов, Т.Ш. Амхаев, Ш.З. Зиниев. Эффекты внедрения автоматизированных электроэнергетических систем на основе интеллектуальных сетей. (2021). Вестник ГНТУ. Технические науки, том XVII, № 1 (23). С. 15–20.

© Приходько Дмитрий Игоревич (mitry1205@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ ПОЧТИ-ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ НА ОСНОВЕ КЛАССА СДВИГОВЫХ ФУНКЦИЙ

ANALYSIS OF ALMOST PROPORTIONAL CHARACTERISTICS OF TIME SERIES BASED ON A CLASS OF SHIFT FUNCTIONS

I. Staroverov
V. Kuzmin

Summary. In the world, the amount of information is constantly growing every day and gives rise to the problem of effective methods for analyzing nonlinear fluctuations with a trend that do not change the data structure. In the article, studies were carried out, the purpose of which was to determine the mathematical roughness of the results for the class of shift functions for different metrics. Based on the above goal, the task was to estimate almost proportional characteristics for various types of data. As a hypothesis under study, a statement is made about the coincidence, obtaining close values of almost-proportions for different metrics. The work was carried out on two different time series in terms of behavior — weather and economic data. According to the results of the work, an analysis of almost-proportional characteristics of time series based on distances in functional metric spaces was carried out. To evaluate the parameters of a geometric progression, it is required to determine the origin, the denominator of the progression, and the position of the unit. The analysis was carried out on the basis of a class of functions represented by distances in functional spaces, where two parameters appear — the origin and the denominator of a geometric progression. Based on the results of the analysis carried out, the work revealed a single result of mathematical roughness for the class of shift functions for determining almost-proportions in different functional metric spaces.

Keywords: empirical data, near-proportions, geometric progression, shift functions, functional spaces.

Староверов Игорь Николаевич

Ассистент, МИРЭА — Российский технологический университет, г. Москва
st.igornik@gmail.com

Кузьмин Виктор Иванович

Профессор, д.т.н., МИРЭА — Российский технологический университет, г. Москва
vik271935@yandex.ru

Аннотация. В мире постоянно с каждым днём растёт объём информации и порождает проблему эффективных методов анализа нелинейных колебаний с трендом не меняющих структуру данных. В статье проведены исследования целью которых являлось определение математической грубости результатов для класса сдвиговых функций при разных метриках. На основе вышеизложенной цели ставилась задача по оценке почти-пропорциональных характеристик при различных типах данных. В качестве исследуемой гипотезы выдвигается утверждение о совпадении, получении близких значений почти-пропорций для разных метрик. Работа проводилась на двух отличных по характеру поведения временных рядах — погодные и экономические данные. По результатам работ, проведен анализ почти-пропорциональных характеристик временных рядов на основе расстояний в функциональных метрических пространствах. Для оценки параметров геометрической прогрессии требуется определять начало отсчёта, знаменатель прогрессии и положение единицы. Анализ велся на основе класса функций, представленных расстояниями в функциональных пространствах, где фигурируют два параметра — начало отсчёта и знаменатель геометрической прогрессии. По результатам проведенного анализа в работе выявлен единый результат математической грубости для класса сдвиговых функций для определения почти-пропорций в разных функциональных метрических пространствах.

Ключевые слова: эмпирические данные, почти-пропорции, геометрическая прогрессия, сдвиговые функции, функциональные пространства.

Введение

В мире постоянно с каждым днём растёт объём информации и порождает проблему эффективных методов анализа нелинейных колебаний с трендом не меняющих структуру данных.

Специфика эмпирических данных заключается в том, что в них представлен результат взаимодействия процессов, происходящих на принципиально разных уровнях. Из-за этого необходимо разделить исходный вариант данных на составляющие, которые характе-

ризуют быстрые и медленные движения. В результате анализа быстрых движений появляется возможность определить иерархию наиболее близких к периодам (почти-периодам) интервалов. Знание почти-периодов позволяет определить критические уровни системы, кардинально меняющие структуру ряда. [1,2,3]

Медленные движения, выступающие в роли основных тенденций, анализируются на основе нелинейных преобразований, то есть анаморфоз, переводящих исходные данные в кусочно-линейные зависимости. Если сопоставить рассчитанные характеристики почти-пе-

Таблица 1. Класс сдвиговых функций в функциональных метрических пространствах

№	Сдвиговые функции
(1)	$b(k, t_0) = \frac{1}{N/k} \left(\sum_{\tau=1}^{N/k} f(t \cdot k + t_0) - f(t + t_0) ^p \right)^{\frac{1}{p}}$
(2)	$b(k, t_0) = \frac{1}{N/k} \sqrt[2N]{ \sum_{\tau=1}^{N/k} (f(t \cdot k + t_0) - f(t + t_0))^{2N} }$

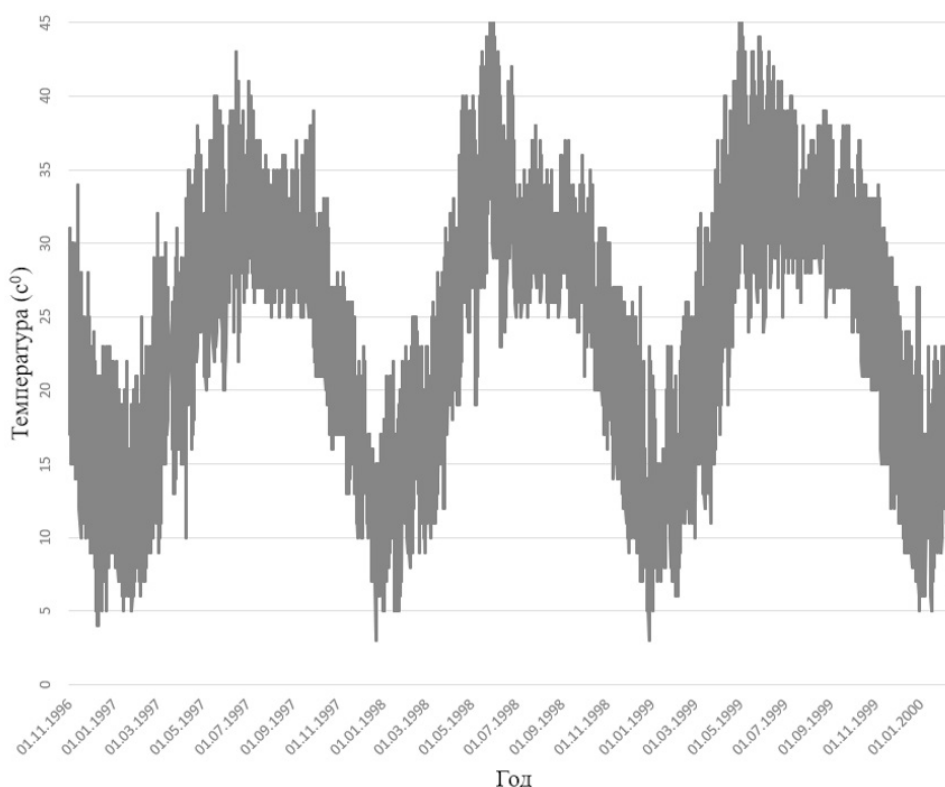


Рис. 1. Температурные замеры над городом Дели

риодов и трендов, то становится возможным определить общую структуру временного ряда. [4,5]

Также существует проблема почти-пропорций, которую можно выявить как с помощью алгоритмов нахождения почти-пропорций, так и через воспроизведения с помощью соотношений почти-периодов. [6,7,8]

В данной работе проводится анализ математической грубости результатов для класса сдвиговых функций типа геометрической прогрессии на основе расстояний в метрических пространствах. В качестве данных были выбраны температурные замеры погоды над городом Дели и данные акции компании Samsung

для рассмотрения длинных и средних наборов данных.

Метод

Для выявления ритмов геометрической прогрессии будем опираться на тот факт, что они удовлетворяют следующему соотношению $f(t*k)-f(t)=0$, где $f(t)$ — значение исследуемого ряда в момент времени t , k — модуль геометрической прогрессии.

Тогда, почти-пропорцией будем называть такое число k , если для него выполняется неравенство $|f(t*k)-f(t)| < \mathcal{E}$, где $\mathcal{E} > 0$ — смещение. Для дискретного случая,

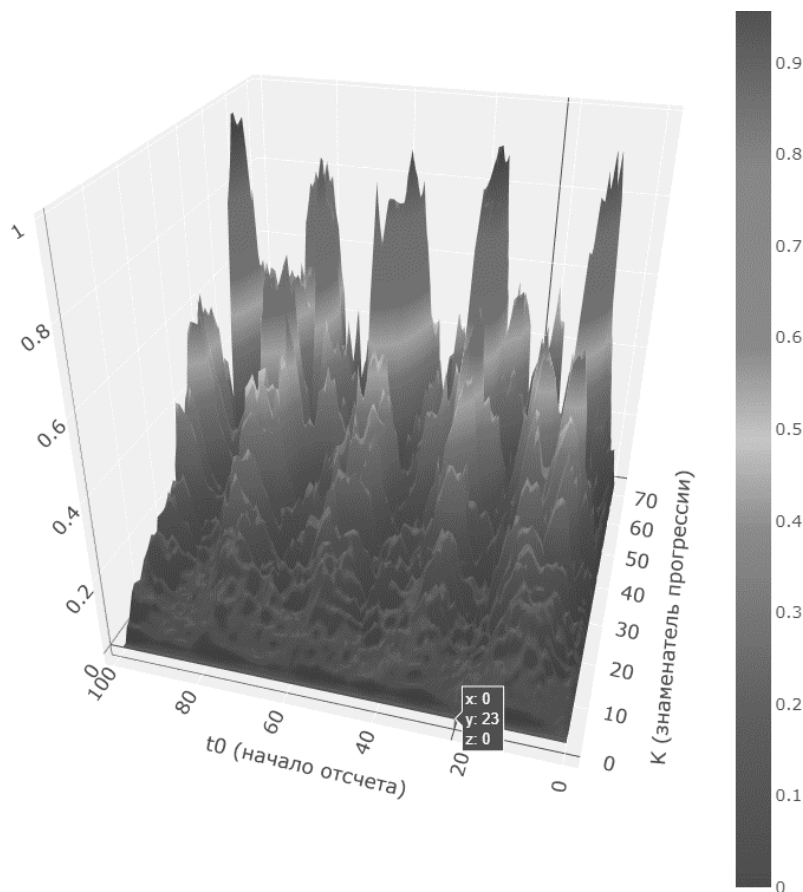


Рис. 2. 3D график для сдвиговых функций для определения параметра t_0

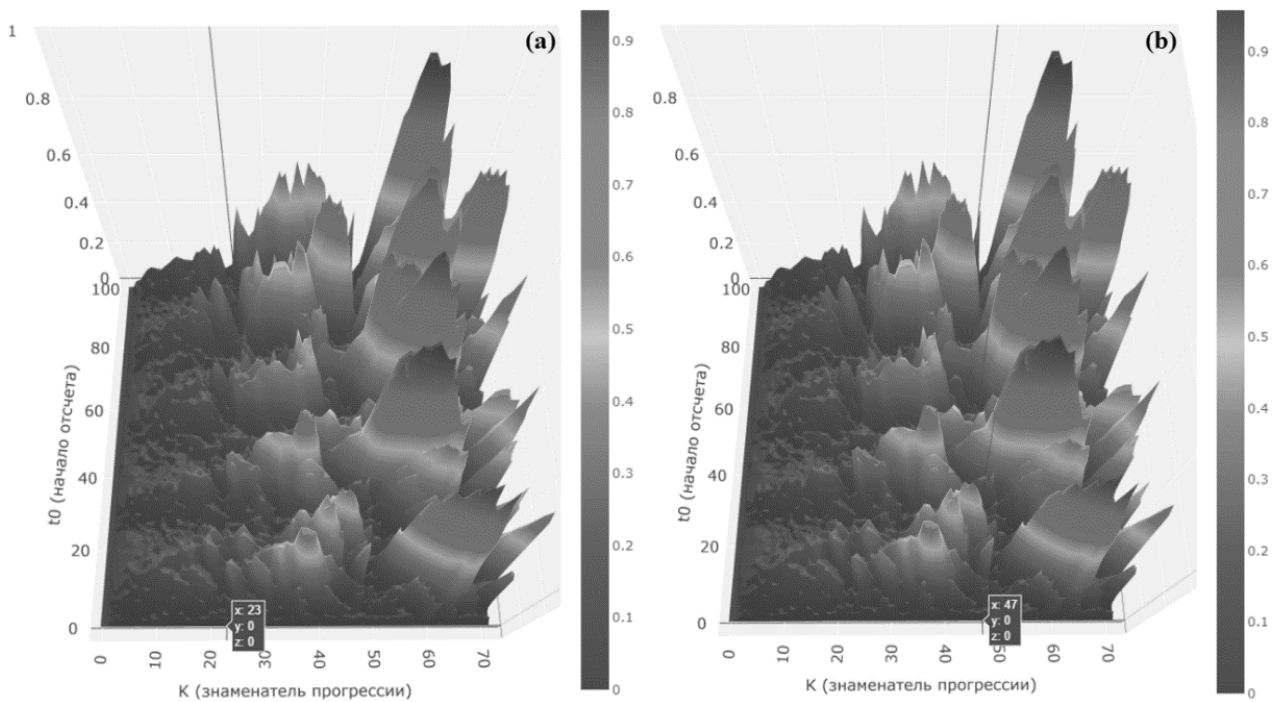


Рис. 3(a, b). 3D график для сдвиговых функций для определения параметра k

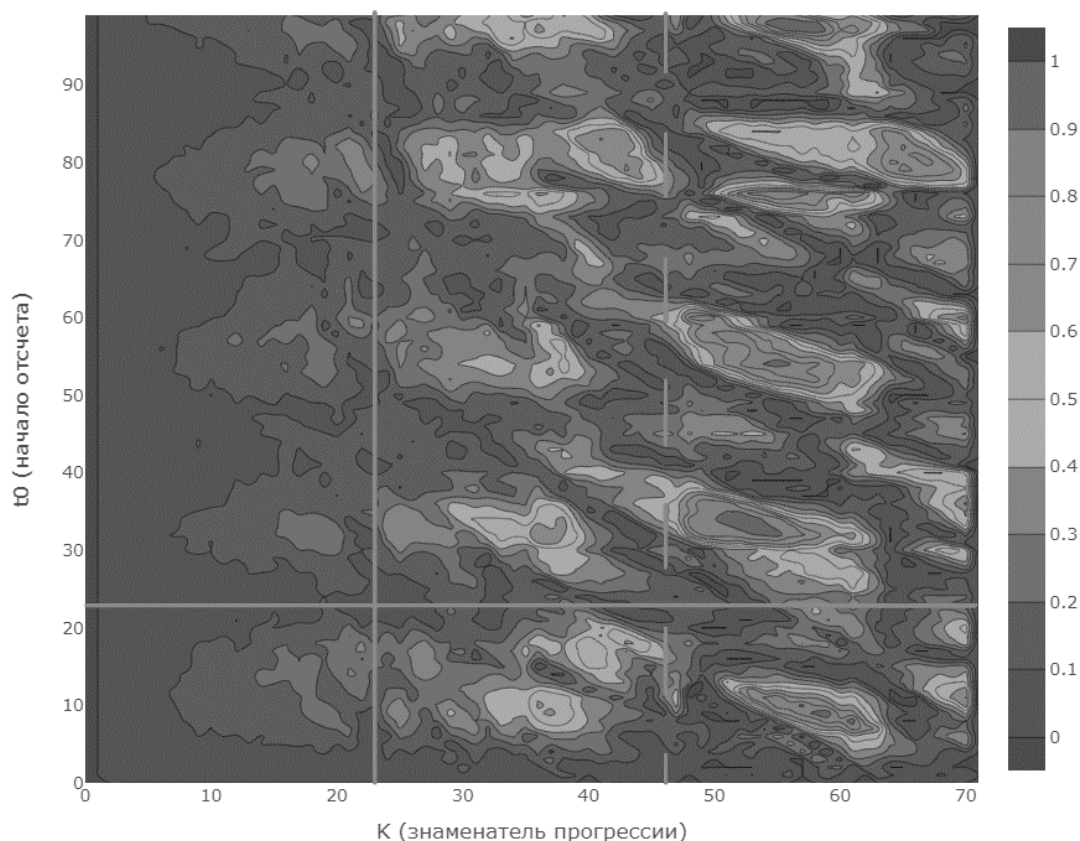


Рис. 4. Контурная карта сдвиговых функций с выявленными каналами минимумов t_0 и k

если N — общее число отсчётов функции $f(t)$, заданной экспериментальными значениями, получаем функцию, для определения почти-пропорций, которая имеет вид:

$$b(k) = \frac{1}{N/k} \sum_{t=1}^{N/k} |f(t \cdot k) - f(t)|$$

Для идентификации геометрической прогрессии необходимо знать положение нуля отсчёта t_0 , который может находиться внутри или за пределами исследуемых данных. Поэтому, с учётом определения нуля отсчёта, формула для поиска почти-пропорций принимает следующий вид:

$$b(k, t_0) = \frac{1}{N/k} \sum_{t=1}^{N/k} |f(t \cdot k + t_0) - f(t + t_0)|$$

В таком случае, система почти-пропорций k функции $f(t)$ может быть определена как совокупность локальных минимумов представленной функции. Чем глубже будут минимумы на графике функции, тем ближе к истинному значению модуля геометрической прогрессии временного интервала, соответствующего этому мини-

муму, и тем выше его значимость в данном временном ряде.

В таблице 1 представлены сдвиговые функции основанных на метриках функционального анализа.

Обозначение в формулах

- N — общее число отсчётов функции;
- k — знаменатель прогрессии;
- t — время;
- t_0 — начало отсчета геометрической прогрессии;
- p — задаваемый степенной параметр.

Результаты и обсуждение

В качестве первого объекта для проверки математической грубости полученных результатов возьмём почасовые данные температуры в Цельсиях над городом Дели (01.11.1996–22.02.2000). Количество точек во временном ряду равно 18.630. [9] Данные представлены на графике (Рис. 1) в обычном масштабе, где по оси x отложены значения года, а по оси y значение температуры в Цельсиях.

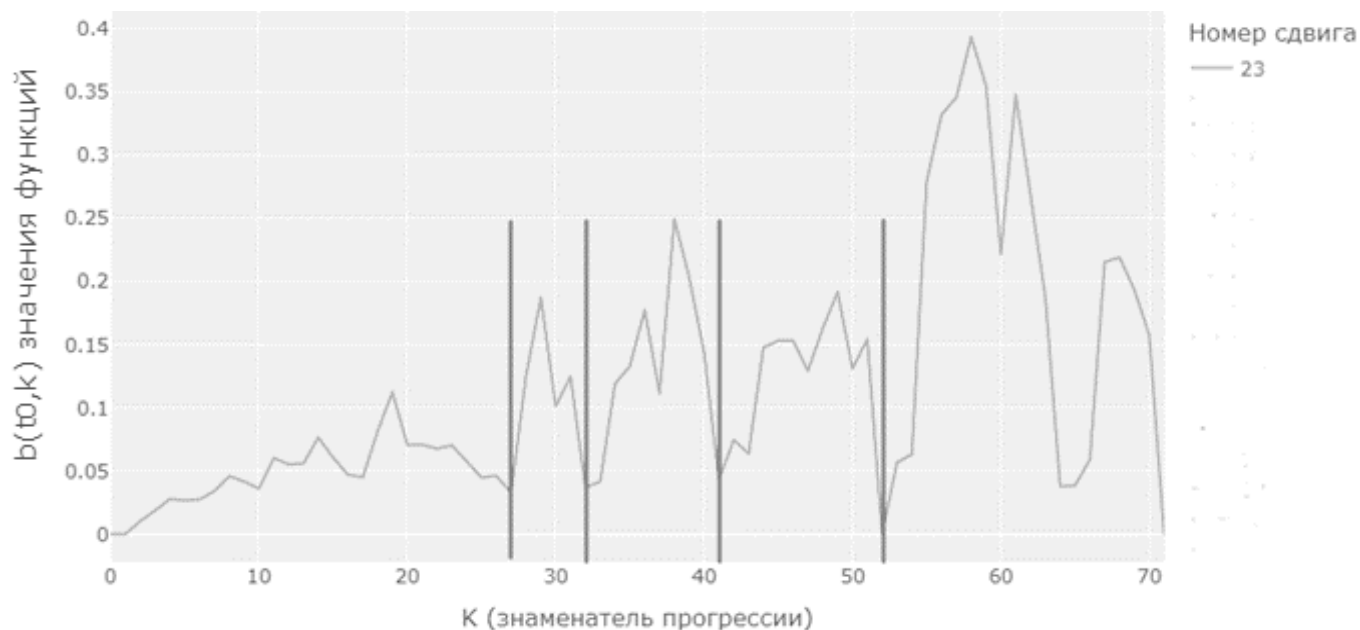


Рис. 5. Срез по t_0 для сдвиговых функций

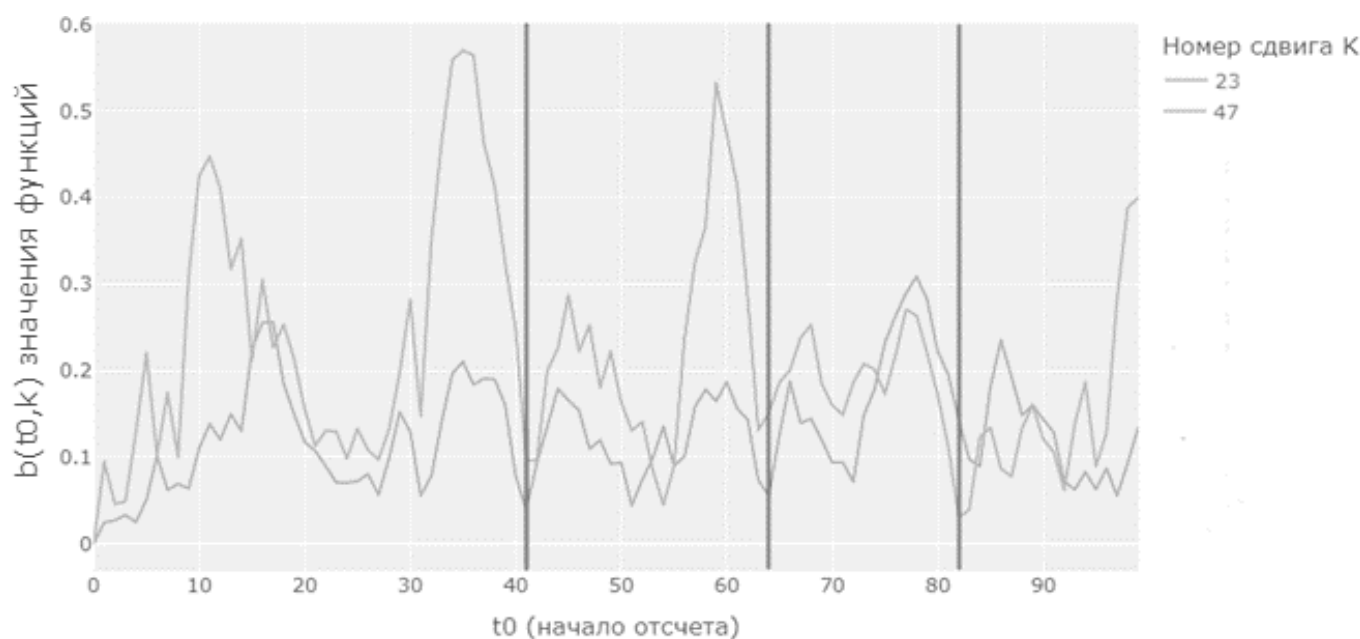


Рис. 6. Срезы по k для сдвиговых функций

Для определения почти-пропорций для большого набора данных приступим к рассмотрению сдвиговых функций. По формулам (1), (2) построены сдвиговые функции в разных функциональных метрических пространствах, в том числе и с задаваемым параметром $p = 5, 25$, где по оси x откладывается k знаменатель прогрессии, по оси y откладывается начало отсчета t_0 .

На рисунке 2 представлен общий 3D график для сдвиговых функций в разных метрических пространствах формулы (1), (2), так как полученные результаты для сдвиговых функций схожи по своей структуре. Согласно 3D графику (рис. 2) был определен параметр $t_0 = 23$.

Далее, были рассмотрены значения для знаменателя геометрической прогрессии k (Рис. 3(a, b)).

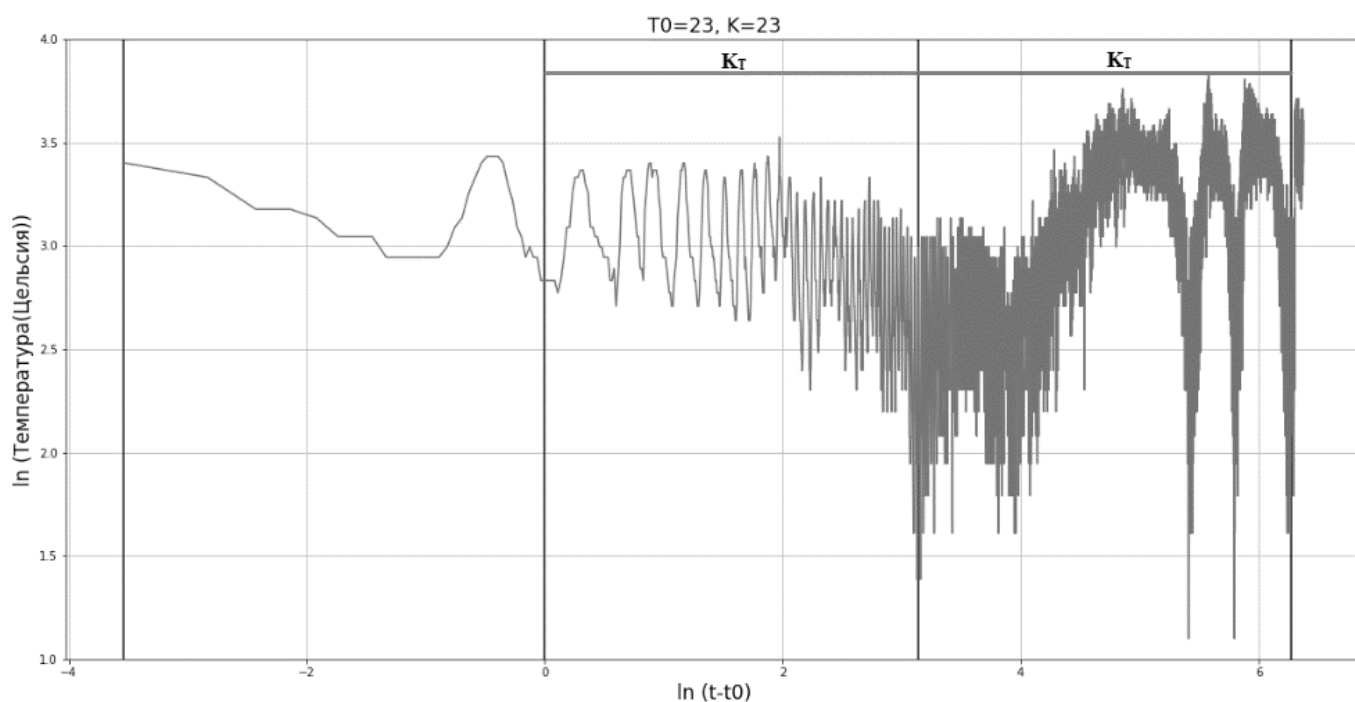


Рис. 7. Построение почти-пропорции для параметров $t_0=23, K=23$



Рис. 8. Цена акции компании Samsung

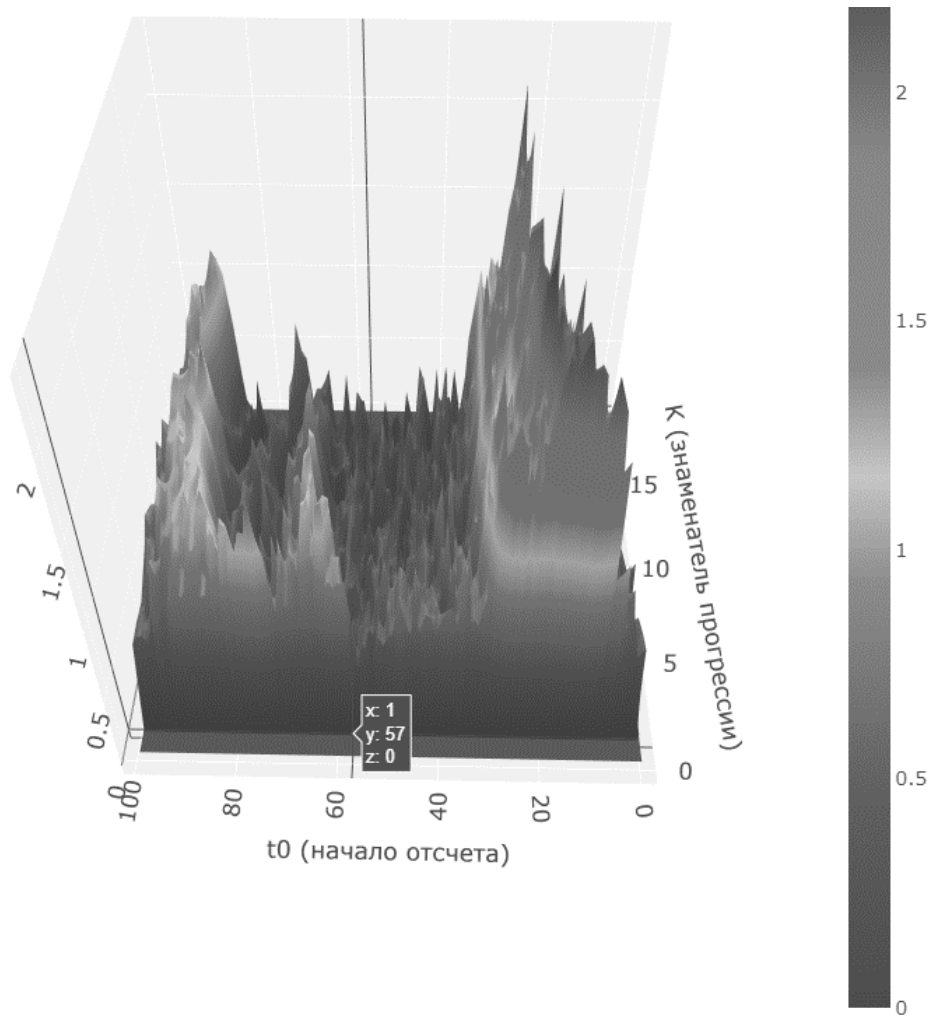


Рис. 9. 3D график для сдвиговых функций

Согласно 3D графику (рис. 3(a, b)) определены значения для параметра $k=23, 47$. Перенесем полученные значения для параметра t_0 и k на контурный график (рис. 4).

На контурной карте можно увидеть, что на значениях $t_0=23, k=23$ определены каналы минимума, а также последующие удвоение параметров t_0, k .

Рассмотрим срез $t_0=23$ (Рис. 5), на котором были помечены значения минимумов равные 27, 32, 41, 52, где общая структура минимумов для среза t_0 определяется числом 2.25.

Аналогичным образом рассмотрим срезы для параметра k равные 23 и 47, с целью рассмотрения характера схожести минимумов по знаменателю прогрессии (Рис. 6). По построенным срезам выявлены следующие минимумы равные 41, 64, 82, где общая структура минимумов для срезов k определяется числом 1.5.

Построим график почти-пропорции по выявленным ранее значениям параметра t_0 и k , у которого оси имеют логарифмический масштаб, где по оси x значение разницы времени и начала отсчета, а по y логарифмированные значения температуры в Цельсиях (рис. 7). Выставим единицу на минимум и, тем самым, зададим положение начала отчета для геометрической прогрессии.

Из графика (рис. 7) выше можно заметить, что значения геометрической прогрессии строго попадают в локальные минимумы. Рассматривать почти-пропорции для параметра $k=47$ не имеет смысла, так как они будут иметь большой такт, выходящий за рамки исследуемого ряда.

В качестве второго объекта для проверки математической грубости полученных результатов возьмём данные по ценам акции компании Samsung взяты с недельным интервалом с 03.01.2000 по 04.05.2022. Коли-

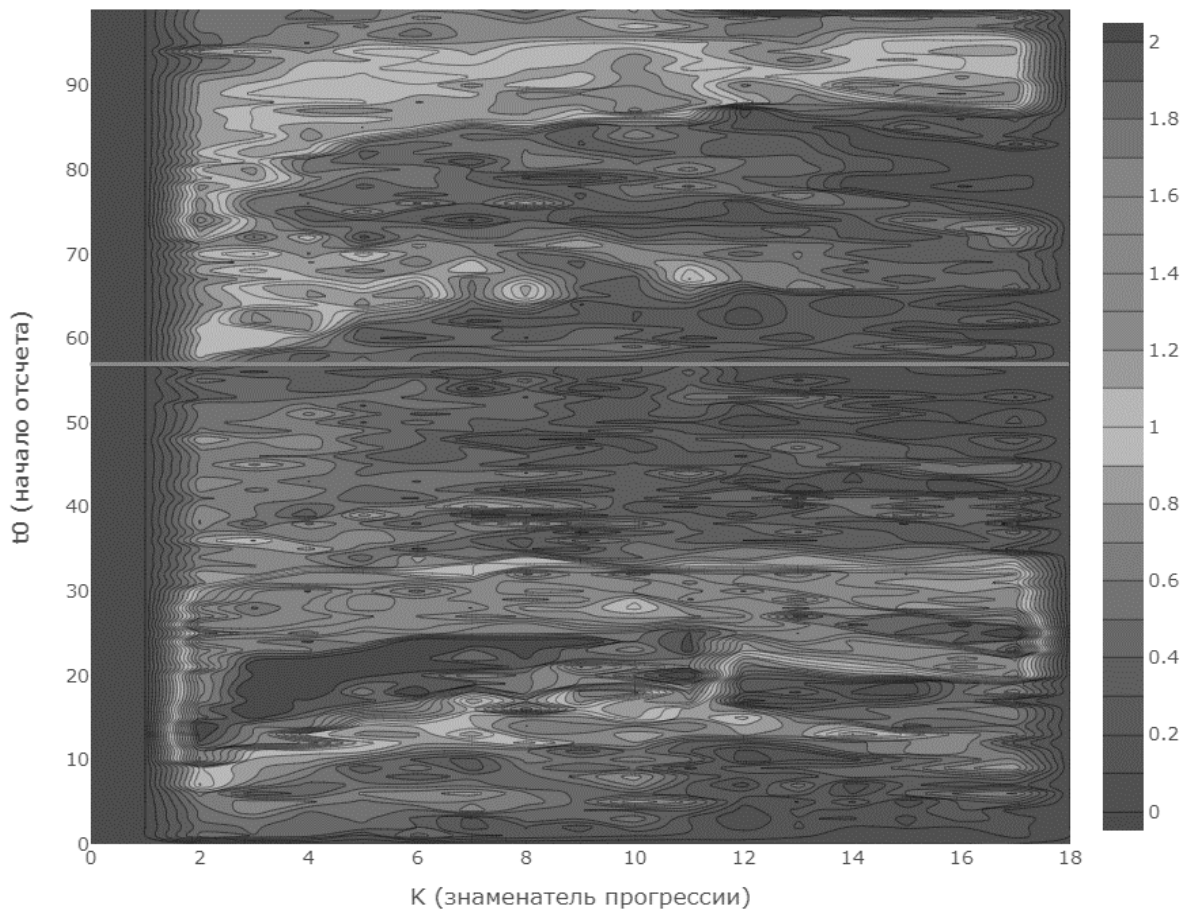


Рис. 10. Контурная карта сдвиговых функций с выявленным каналом минимумов t_0

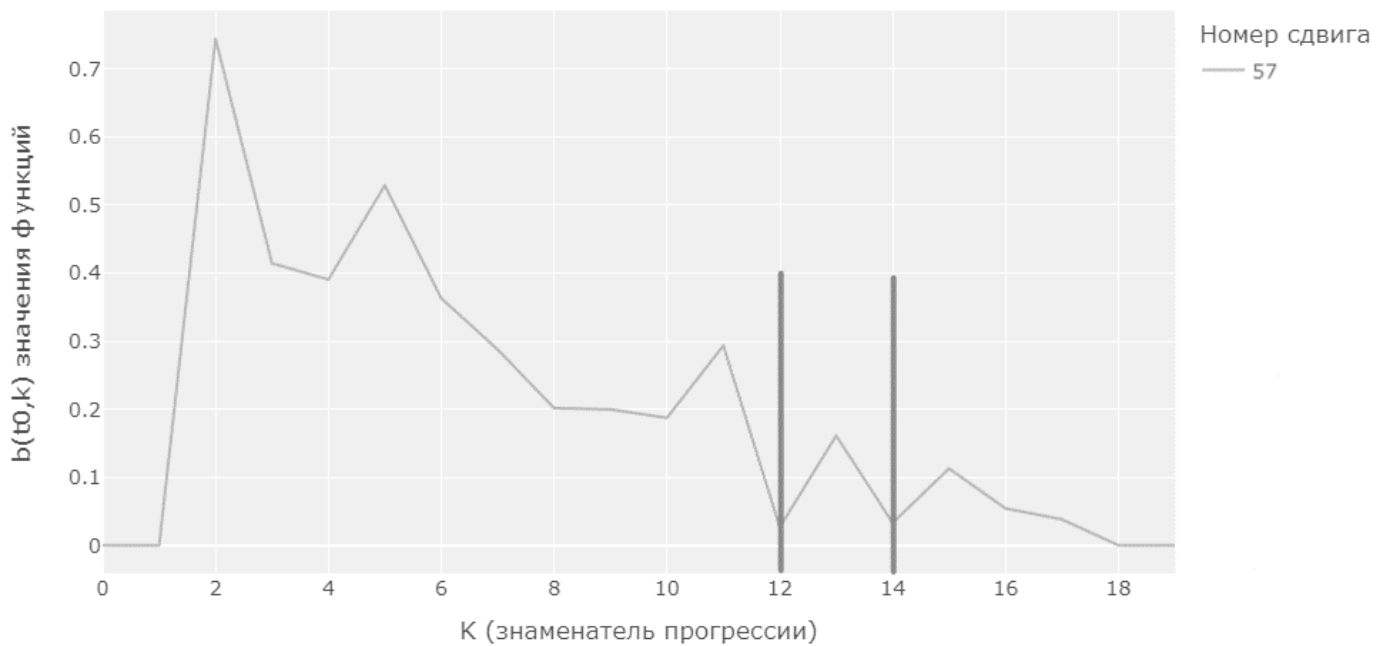


Рис. 11. Срез по t_0 для сдвиговых функций

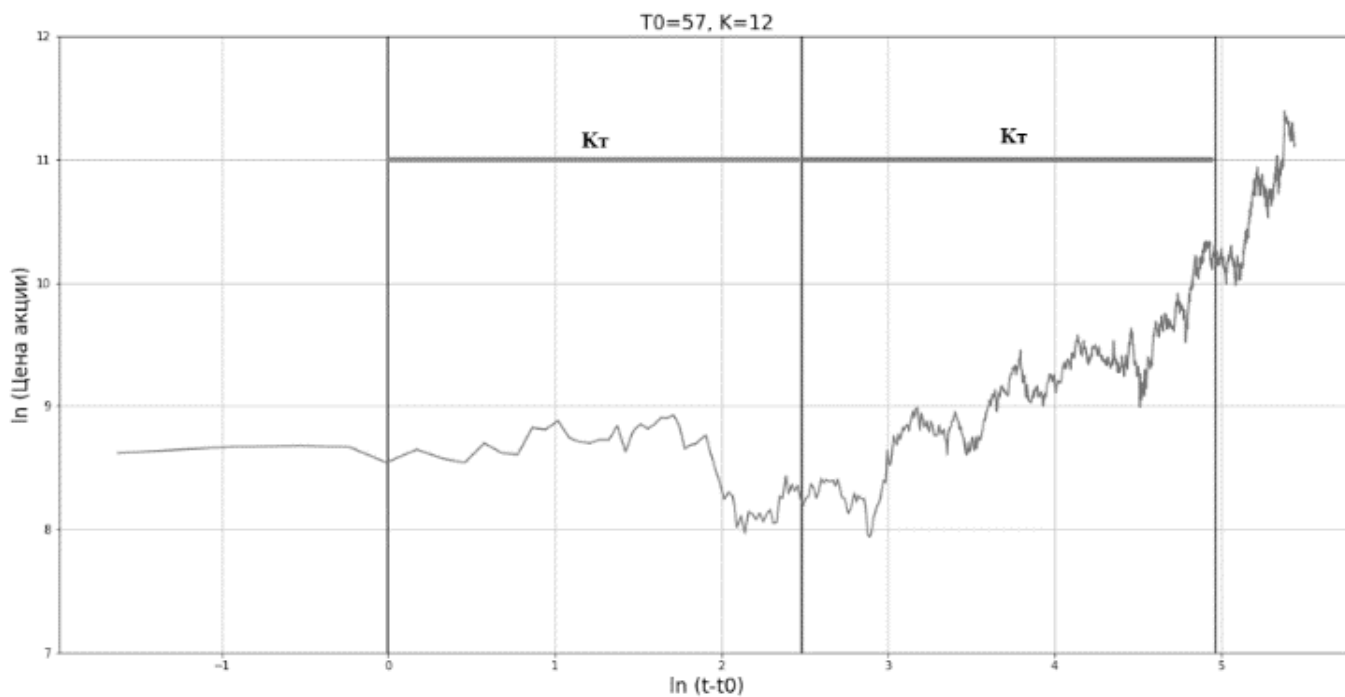


Рис. 12. Почти-пропорции для сдвиговых функций

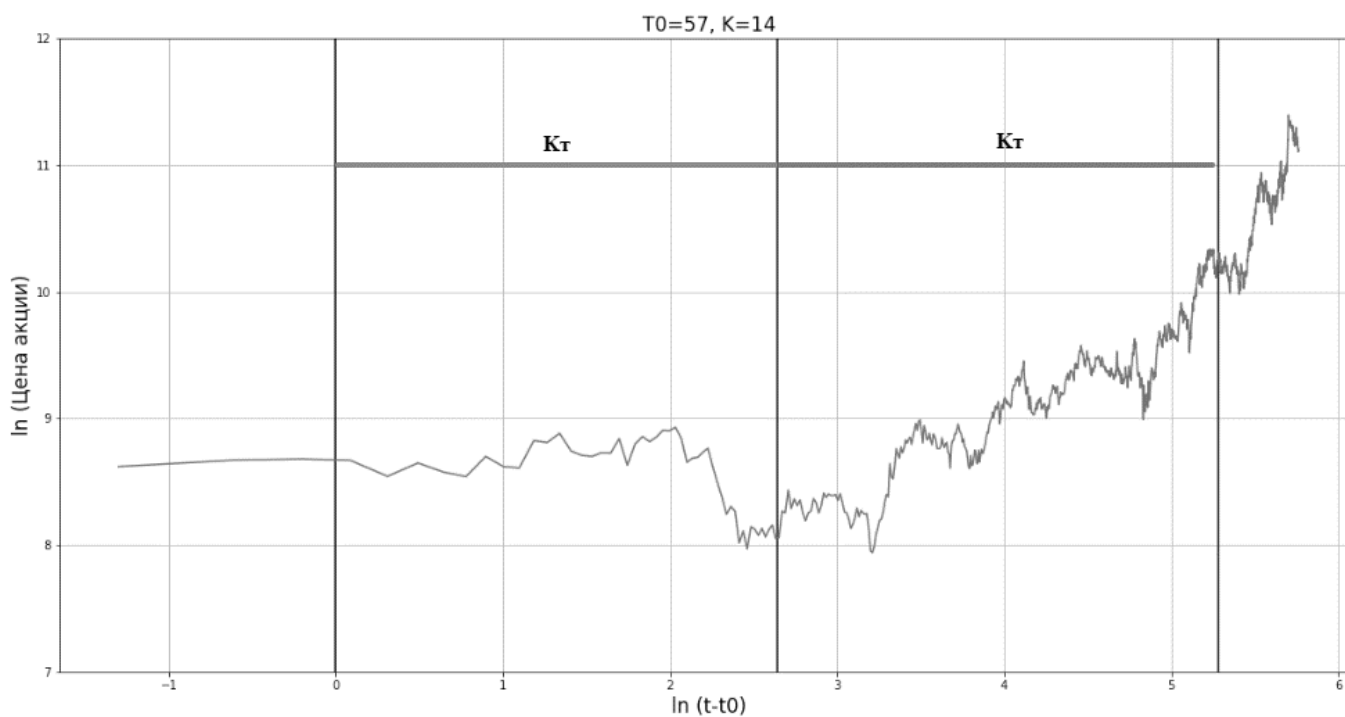


Рис. 13. Почти-пропорции для сдвиговых функций

Таблица 2. результат метаматематической грубости для сдвиговых функций

№	Класса сдвиговых функций	Температурные над городом Дели	Акции Samsung
(2)	$b(k, t_0) = \frac{1}{N/k} \sqrt[2N]{\sum_{t=1}^{N/k} (f(t \cdot k + t_0) - f(t + t_0))^{2N}}$	$t_0=23, k=23$	$t_0=57, k=14$
При варьировании параметра p		$p=5, p=25$	
(1)	$b(k, t_0) = \frac{1}{N/k} \left(\sum_{t=1}^{N/k} f(t \cdot k + t_0) - f(t + t_0) ^p \right)^{\frac{1}{p}}$	$t_0=23, k=23$	$t_0=57, k=14$

чество точек во временном ряде равно 1167. [10] Данные представлены на (рис. 8) в обычном масштабе, где по оси x отложены значения года, а по оси y значение цены акции.

Для определения почти-пропорций для среднего набора данных приступим к рассмотрению сдвиговых функций. По формулам (1), (2) построены сдвиговые функции в разных функциональных метрических пространствах, в том числе и с задаваемым параметром $p = 5, 25$, где по оси x откладывается k знаменатель прогрессии, по оси y откладывается начало отсчета t_0 .

На Рисунке 9 представлен общий 3D график для сдвиговых функций в разных метрических пространствах формулы (1), (2), так как полученные результаты для сдвиговых функций схожи по своей структуре. Согласно 3D графику (рис. 9) был определен параметр $t_0 = 57$, а значения для параметра k определить невозможно из-за отсутствия таких каналов минимума.

Полученное значение для параметра t_0 перенесены на контурный график (рис. 10). По оси x откладываются значения для знаменателя прогрессии k , а по оси y откладываются значения для параметра начала нулевого отсчета t_0 .

На контурной карте можно увидеть на значение $t_0 = 57$ канал минимума, который явно определяет значение для данного параметра.

Далее, необходимо рассмотреть срез для класса сдвиговых функций по параметру $t_0=57$ (Рис. 11), на котором определены значения минимумов равные 12 и 14, которые необходимы для определения значения параметра k . Общая структура для минимумов среза t_0 определяется числом 1,5. По оси x значение для параметра k , а по оси y значения функций.

Полученные результаты при рассмотрении класса сдвиговых функций для данного временного ряда схожи для формул (1), (2). В следствие этого достаточно будет построить обобщенные графики для полученных результатов параметров t_0 и K .

Построим графики почти-пропорции, по выявленным ранее значениям параметров t_0 и y , у которых оси имеют логарифмический масштаб (Рис. 12, 13). По оси y логарифмированное значение разницы времени и начала отсчета, а у логарифмированные значения цены акции.

Выставим единицу отсчета на первый минимум и тем самым определим положение начала отчета для геометрической прогрессии.

На рисунке 12 видно, что при параметрах $t_0=57, k=12$, значения геометрической прогрессии попадают в локальные минимумы.

На рисунке 13 видно, что при параметрах $t_0=57, K=14$ значения геометрической прогрессии попадают в локальные минимумы.

Исследуя математическую грубость для класса сдвиговых функций с данным временным рядом, можно сказать, что параметры t_0 и k определялись одинаково в рассматриваемых метрических пространствах.

Обобщенный результат математической грубости представлен в таблице 2.

Можно сказать, что при исследовании математической грубости сдвиговых функций типа геометрической прогрессии в разных метрических пространствах была установлена полная согласованность на разных наборах данных.

Заключение

Подводя итоги работы, можно отметить следующее: был реализован метод по определению значения точки начала отчета t_0 и знаменателя геометрической прогрессии k , проведена проверка математической гру-

бости полученных результатов для сдвиговых функций на основе расстояний в разных метрических пространствах. Примечательным является факт выявления геометрической прогрессии со знаменателями порядка десятков, тогда как известные в литературе к настоящему времени знаменатели не превосходят единиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин В.И., Гадзаов А. Ф. Методы построения моделей по эмпирическим данным. — М.: МИРЭА, 2012. — 94 с. (дата обращения 15.03.2022).
2. Кузьмин В.И., Тытик Д. Л., Гадзаов А. Ф. Дискретность и непрерывность в свойствах физико-химических систем. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. (дата обращения 20.03.2022).
3. — Кузьмин В.И., Гадзаов А. Ф. Технический анализ. — М.: МИРЭА, МГУПИ 2015. — 71 с. (дата обращения 25.03.2022).
4. Кузьмин В.И., Самохин А. Б. Почти периодические функции с трендом. — М.: «ВЕСТНИК МГТУ МИРЭА» № 4 2015 Том II, 2015. (дата обращения 07.04.2022).
5. Кузьмин В.И., Гадзаов А. Ф. Математические методы анализа периодических компонент нелинейных процессов и прогнозирования динамики ограниченного роста на их основе. — М.: «ВЕСТНИК МГТУ МИРЭА» № 4 2015 Том II, 2015. (дата обращения 07.04.2022).
6. Кузьмин В.И., Гадзаов А. Ф. Модели и методы научно-технического прогнозирования. — М.: МИРЭА, 2016. — 90 с. (дата обращения 12.04.2022).
7. A.A. Paramonov, V. I. Kuzmin and R. I. Dzerjinsky. Analysis of almost-periodic and almost-proportional characteristics of a representative sample local minima time series. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2020. [Электронный ресурс] — URL: iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1047/1/012045. (дата обращения 18.04.2022).
8. Kuzmin V., Gadzaov A., Dzerjinsky R. Methods for data analysis. — М.: Издательство «Перо», 2021. — 243 с. (дата обращения 02.05.2022).
9. Поисковая система Kaggle [Электронный ресурс] / Kaggle. — URL: <https://www.kaggle.com/datasets/mahirkukreja/delhi-weather-data>. (дата обращения 03.05.2022).
10. Поисковая система Yahoo [Электронный ресурс] / Yahoo. — URL: <https://finance.yahoo.com/quote/005930.KS?p=005930.KS&.tsrc=fin-srch>. (дата обращения 04.05.2022).

© Староверов Игорь Николаевич (st.igornik@gmail.com), Кузьмин Виктор Иванович (vik271935@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОКОЙ СЛОЖНОСТИ. ПОДХОДЫ И УСЛОВИЯ

IMPLEMENTATION OF A HIGH COMPLEXITY CONTROL SYSTEM. APPROACHES AND CONDITIONS

**A. Uraikov
S. Porechny**

Summary. The features of the Turing machine are considered, which does not allow the development of a reliable control system with a sufficiently large number of inputs. Based on these features, a set of four conditions is proposed which a new non-Turing machine must fulfill in order to implement reliable control in an environment of any complexity.

The paper shows two types of development on a Turing machine: classic and neural networks. The first two of the formulated conditions are satisfied with the neural networks, but not with the classic approach. The third is performed only with the classic, but not with the neural networks approach. The fourth, in its formulation, is not satisfied with the neural networks approach, but additionally requires the fulfillment of the first two conditions, which means that it is not satisfied with the classic approach either.

Keywords: complex systems, Turing machine, non-turing machine, conditions for the implementation of a complex system, algorithmic control, neural network control.

Ураков Айрат Ренатович

К. ф.- м. н., доцент, ФГБОУ ВО «Уфимский
университет науки и технологий» (УУНУТ), г. Уфа
urakov@ufanet.ru

Поречный Сергей Сергеевич

К. ф.- м. н., доцент, ФГБОУ ВО «Уфимский
университет науки и технологий» (УУНУТ), г. Уфа
porechny@mail.ru

Аннотация. Рассматриваются особенности машины Тьюринга, которые не позволяют разработать надежную управляющую систему при достаточно большом числе входов. На основе этих особенностей предлагается набор четырех условий, которые должна выполнить новая нетьюринговая машина, для реализации надежного управления в среде любой сложности.

В работе показаны два типа разработки на машине Тьюринга: классический и нейросетевой. Первые два из сформулированных условий выполняются при нейросетевом, но не классическом подходе. Третье выполняется только при классическом, но не нейросетевом подходе. Четвертое по своей постановке не выполняется при нейросетевом, но дополнительно требует выполнения первых двух условий, а значит, не выполняется и при классическом подходе.

Ключевые слова: сложные системы, машина Тьюринга, нетьюринговая машина, условия реализации сложной системы, алгоритмическое управление, нейросетевое управление.

Введение

В настоящее время существует единственный способ решения сложных управляющих задач — на базе вычислительной машины (компьютера) и соответствующего программного обеспечения. Управляющая программа получает на вход информацию с датчиков и выдает сигналы органам управления. Такой способ предполагает наличие машинного кода и необходимых ему данных, размещенных в ячейках памяти. Код, в свою очередь, представляет собой преобразование определенных алгоритмов на язык инструкций, доступных вычислительной машине. [1, с. 7–32]

Введем необходимые обозначения. Пусть X — множество возможных входных сигналов, а x — текущее состояние датчиков, $x \in X$. Множество управляющих сигналов (УС) обозначим как Y , тогда y — текущий УС, $y \in Y$. Управляющая машина выполняет некоторую функцию вида f :

$$X \rightarrow Y \text{ или } y = f(x).$$

Такая функция может быть реализована в виде таблицы соответствий (x_i, y_j) , т.е. такой таблицы, в которой для каждого варианта входных данных x_i указано правильное управляющее решение y_j . Такой подход успешно применяется на практике для достаточно простых систем. В сложных УС размер множества входов X будет комбинаторно зависеть от размерности входных данных и может оказаться экстремально большим.

Рассмотрим следующий пример. Автомобиль, управляемый автопилотом, оснащен камерами, передающими изображение. Уже сейчас для принятия решения используется несколько камер и ретроспектива (несколько снимков со сдвигом по времени для учета динамики). Пусть для этого требуется 2^5 кадров размером в 1 мегабайт или 2^{20} (для современных камер это число даже выше). Это означает, что входная инфор-

мация в общем случае имеет размер 225 бит. Отсюда, теоретическая мощность X может достигать $2^{2^{25}}$, т.е. примерно $2^{30000000}$. Разместить в памяти таблицу соответствий такого размера, как и дожидаться завершения поиска по ней, практически невозможно.

Заметим, что в практических задачах очень большие группы входных данных имеют общее управляющее решение. Например, если управляющее устройство понимает всего 2 команды (например: вперед и назад), то это означает, что все множество входных данных X может быть разбито всего на 2 группы. Осталось только найти «границы» между ними. [2]

Если провести границы просто, то и задача управления оказывается простой вне зависимости от размера X . Простота предполагает, например, что для принятия решения достаточно оценить небольшую часть (несколько бит) входного слова. Когда говорят о сложной системе, предполагают, что не существует простого способа разделить множество X по видам управления. Например, если для каждого варианта входа корректное решение было задано случайным образом, то поиск решения в любом случае сводится к просмотру всей таблицы, что, как указано выше, невозможно для больших входов. [2]

В практических задачах, к счастью, корректное решение не задается случайно. УС отражает реалии окружающего мира, который состоит из объектов и правил их взаимодействия. Следовательно, решение может быть вычислено гораздо быстрее с помощью этих правил. Эффективно используются следующие особенности реального мира.

Первая. Количество реальных объектов намного меньше, чем состояний, которые они могут генерировать. Более того, при решении конкретной задачи управления выясняется, что различные объекты можно рассматривать как одинаковые. Это позволяет еще сильнее уменьшить размер входа. Для этого нужно распознавать объекты, по возможности группируя их.

Вторая. Объекты всегда генерируют состояния по правилам. Эти правила могут быть представлены в виде формул (точных и приближенных), таблиц, ограничений и т.д. Так как текущее состояние формируется комбинаторным взаимодействием разных правил, общее количество правил комбинаторно меньше числа состояний, которые они формируют. Следовательно, нужно формировать управляющее решение с учетом этих правил.

Третья. В конкретной ситуации участвуют не все объекты, а только малая их часть. Значит, для принятия

решения в каждом конкретном случае, нужно рассматривать только небольшую долю всех объектов.

Из этих особенностей следует, что систему управления возможно реализовать не в виде одной функции, а с помощью множества промежуточных функций G вида $g_i: P_i \rightarrow Q_i$. Размерность аргумента каждой такой функции должна быть небольшой. В него могут входить как часть входных данных, так и какие-то из результатов выполнения других функций. Каждая функция не только выдает промежуточное решение, но и указывает, какие функции следует вызвать для обработки этих решений. Так происходит до тех пор, пока не будет получено управляющее решение.

В такой системе управления:

- нет сложных функций, которые выполняются долго;
- может потребоваться огромное общее количество функций, но для поиска решения требуется выполнить только малую их часть;
- одновременно может запускаться большое количество функций.

Таким образом, можно находить управляющие решения для задач очень высокой сложности. Остается только создать способ обучения системы выработке нужного нам управляющего решения во всех возможных случаях.

Существует два принципиально разных способа создания (обучения) систем управления. Обозначим их как *классический* (алгоритмический) и *нейросетевой*. Рассмотрим их отдельно.

Классический подход

При классическом подходе предварительно создается модель управляемого устройства и среды, в которой он существует. Это значит, что формализуются все необходимые объекты, их свойства и законы их взаимодействия. На основе модели создаются правила принятия решения, которые так же приводятся к формализованному виду.

Предположим, что нам требуется реализовать промежуточную функцию g вида $g: P \rightarrow Q$. Существует подмножество $P_1 \subset P$, такое что $\forall p \in P_1$ решение имеет вид q_1 . При этом функция g нетривиальна, т.е. существует $p_2 \in P$, для которого решение равно q_2 , причем $q_2 \neq q_1$. Чтобы разработать систему управления, требуется определить набор P_j : дать ему некоторый ключ (код/название), по которому он может быть найден в памяти, а также указать правило, по которому некоторое $p \in P_j$. Такой процесс называется *формализацией*,

а P_1 — сущностью, введенной в результате формализации.

На основе проведенной формализации все обрабатываемые объекты представляются в памяти УС кодами, уникальными для каждого объекта. Такие же коды получают свойства этих объектов. Успешная формализация позволяет создавать алгоритмы. Алгоритмы создают те правила, по которым будут работать промежуточные функции. Обмен между функциями происходит через ячейки памяти. Именно в этих ячейках функции находят значения аргументов, причем номера (адреса) ячеек так же передаются в виде аргумента. В результате своей работы функции либо меняют значения ячеек памяти, либо определяют, какие функции будут вызваны для дальнейшей обработки, т.е. происходит передача управления. [1, с. 7–32]

После формализации становится возможной программная реализация. В нашем случае реализация означает создание некоторой процедуры (может быть части процедуры или набора процедур) S . Такая процедура, получив на вход p , распознает сущность, а именно выдает соответствующее решение — q_1 или иное. Процедура должна иметь имя, список входных переменных, способ вызова (способ получения адреса точки входа в нее), участок кода, который будет производить распознавание. В общем случае одна процедура может распознавать сразу несколько сущностей.

Далее, для простоты изложения, будем считать, что преобразование алгоритмов в программный код вычислительной машины происходит идеальным образом, т.е. без ошибок: программный код всегда точно соответствует алгоритму.

Разработку устройства нельзя считать оконченной, пока есть данные, которые обрабатываются некорректно, т.е. принимается управляющее решение, которое нас не устраивает. В случае неправильной обработки требуется коррекция УС т.е. дообучение. При классическом подходе это означает, что должна быть изменена какая-либо из функций, либо добавлена новая. Следовательно, обучение системы потребует постоянного поиска функций, которые требуется изменить и значений, которым нужно указать другие реализующие функции. Из этого возникает задача следующего вида.

Задача

Дано: множество переменных и множество функций, связывающих эти переменные. Известно, что значение некоторых (входных) переменных Y_1 преобразуется в некоторое значение других (выходных) переменных X_1 . Требуется найти подмножество функций, которое

может быть изменено так, чтобы значение на выходе изменилось на X_2 .

Сложность решения задачи зависит и не может быть меньше, чем NP. Это следует из того, что, если решение данной задачи с определенной сложностью будет найдено, это позволит получить такое же по сложности решение одной из NP-полных задач: выполнимость булевой функции. [3]

Таким образом, приходим к NP-сложности задачи обучения. Задачи подобной сложности на практике могут быть решены точно только для малого размера входа. Если размер входа большой, применяются эмпирические приближенные подходы. В нашем случае приближенный подход означает, что в качестве решения может предлагаться не точный код искомой функции, а других функций вместо нее. В задачах дискретной оптимизации приближенный подход имеет практический смысл, так как может использоваться любой из найденных вариантов, если он лучше, чем уже известные. Напротив, в случае обучения требуется получить точный код изменяемой (обучаемой) функции, так как даже минимальная ошибка в вычисленном коде/номере, вызовет обращение к принципиально другой функции.

Точно такие же рассуждения относятся к аргументам функций. Необходимость переобучения означает необходимость точного решения NP-трудной задачи поиска комбинации аргументов, обеспечивающих значение выхода.

Следовательно, надежное обучение сложных УС становится невозможным без быстрого точного решения NP-трудных задач, что является отдельной, возможно, принципиально неразрешимой проблемой.

Пока способа быстрого точного решения NP-трудных задач не существует, обучение при алгоритмическом подходе происходит следующим образом. Разработчики создают параллельную модель системы управления. Модель охватывает все сущности (все функции, аргументы и подмножества) управляемой системы, причем каждая сущность строго формализована, т.е. описана языком, понятным программисту. Программист в ходе корректировки системы должен в уме самостоятельно и корректно сформировать все модели. После этого он находит решение задачи, т.е. какие функции изменять и каким образом. Решение находится точно, но таким способом, который, с одной стороны, многократно описан, кажется очевидным и доступным каждому, с другой — не может быть строго формализован, а следовательно, автоматизирован.

Пока очевидно, что человек не может найти решение, просто зная условие задачи и просматривая

список сущностей — это слишком долгий процесс. Для эффективного поиска требуется дополнительная структура, связывающая между собой сущности таким способом, который позволит выполнить быстрый поиск необходимой сущности исходя из условий задачи. Такое решение приводит к существованию двух, тесно связанных между собой систем сущностей: одна для управления, другая для корректировки (обучения УС).

По мере усложнения УС, как поиск, так и необходимая структура становятся все сложнее, что начинает значительно замедлять разработку и добавление новых функций. [4, с. 38]

Так как на эффективное решение NP-трудных задач рассчитывать не приходится, можно пойти по пути поиска машины, которая будет допускать обучение в таких ситуациях. Рассмотрим работу УС на основе аналоговых преобразований. В ней не стоит проблема поиска номера, каждая из функций может выполнять следующие действия:

- а) вызываться самостоятельно в момент изменения аргумента;
- б) использовать только те ячейки, которые ей требуются;
- в) интерпретировать ячейки любым необходимым способом.

Данные условия являются необходимыми, но недостаточными, формализуем их.

Условие 1. Машина не имеет памяти с общей (сквозной) нумерацией ячеек. Результаты выполнения функций записываются в некоторые ячейки, номера (или адреса, ключи) которых известны только тем функциям, которые будут обращаться к этим ячейкам.

Условие 2. Информация, которая используется в системе для принятия решений, не имеет ключа (кода) общего для всех функций. Информация формализована и закодирована, но интерпретировать ее могут только те функции, которые имеют к ней доступ.

Приведенные выше условия могут быть выполнены, если УС построена на основе нейросети. Оценим, как происходит реализация управляющей функции при таком подходе.

Нейросетевой подход

При нейросетевом подходе, алгоритмы могут оставаться неизменными для всех вариантов входных данных. В общем случае они могут быть двух видов: *обучающие* и *исполняющие*. Первые заполняют ячейки памяти на основе обучающих выборок, последние

представляют собой возможные варианты входных данных и корректные ответы на них. Вторые формируют управляющие сигналы с учетом входных данных и содержимого памяти, заполненной в ходе обучения. Один исполняющий алгоритм после многократного выполнения над разными группами данных получает правильное управляющее решение.

Подобный подход привлекателен тем, что не требует какой-либо формализации, а значит, позволяет реализовать сложную задачу без построения параллельной модели системы управления. Кроме того, общее количество алгоритмов в такой структуре постоянно, т.е. не меняется по мере увеличения сложности структуры, а это упрощает и значительно ускоряет разработку.

Однако, у этого подхода есть фактор, ограничивающий его развитие. Прежде всего, для того чтобы обучить структуру выдавать правильные решения, требуется наличие соответствующих обучающих выборок (условие необходимое, но не достаточное). Так как не создаются модели, корректно описывающие поведение системы, обучающие выборки должны охватывать все возможные варианты входных данных (т.е. для всех сочетаний входов). Следовательно, размер выборки определяется разнообразием входных данных, а эта величина растет комбинаторно в зависимости от добавления в систему новых сущностей. В итоге, общий необходимый размер выборки будет определяться как экспоненциальная функция от размера входа. Для любых систем управления, кроме самых примитивных, общий необходимый объем выборки становится настолько огромным [5], что нет возможности не только проводить обучение, но даже хранить эти выборки в оперативном доступе.

Решением было бы поэтапное или поблочное обучение системы управления на выборках определенного размера. На такой выборке система обучается определенному ограниченному функционалу. Далее будет происходить усложнение системы через объединение блоков и дообучение по мере появления новых выборок, последние формируются с помощью моделирования и проведения экспериментов.

Такое решение при обычном нейросетевом подходе невозможно по следующей причине. Изменение структуры при обучении происходит без понимания, какие конкретно ячейки отвечают за каждое принятое решение. В результате попытка скорректировать какое-то решение через изменение некоторых ячеек может привести к неконтролируемому изменению тех решений, которые делаются правильно. Это приводит к тому, что надежная УС должна быть обучена сразу без последую-

щей коррекции, а значит, ее сложность ограничивается тем уровнем, который был доступен на первом этапе.

Чтобы допустить поэтапное развитие системы, необходима машина, которая выполняет следующее условие.

Условие 3. Введение новых функций (сущностей) должно происходить таким образом, чтобы не изменялись функции, уже существующие в системе.

Следующий ограничивающий фактор заключается в формировании управляющих выборок. Основной способ их формирования — эмпирический, т.е. эксперименты, тестирование и практический опыт. Даже при огромных затратах на эксперименты и обработку из-за комбинаторного усложнения эмпирически удается покрыть только малую долю всех состояний.

Остальные выборки должны формироваться теоретически на основе моделей в какой-то мере отражающих свойства реальных объектов. Модели позволяют получить формальные зависимости, далее на основе этих зависимостей можно автоматически формировать соответствующие выборки, получив в итоге то количество, которое требуется для реализации сложной УС.

Сейчас у такого способа есть главный недостаток: все модели, учитывающие свойства среды, в которой происходит управление, создаются классическим способом на основе формализаций и алгоритмов. При этом по сложности (количеству моделируемых сущностей) модели должны быть сравнимы с исходной средой. Это означает, что попытка реализовать необходимое количество моделей приведет к тем же проблемам, что и при реализации классическим способом. Эти проблемы следует исключить, поэтому вводится следующее условие.

Условие 4. Модели, имитирующие свойства среды, должны формироваться и далее корректироваться таким образом, чтобы выполнялись Условия 1, 2 и 3.

Заключение

С развитием информационных технологий и программного обеспечения создается впечатление, что при должных усилиях можно создать программное обеспечение, способное решить задачу управления системой любой сложности. Тем не менее практика показывает, что разработка надежных и сложных УС, работающих в открытой среде, достаточно быстро заходит в тупик.

По мнению авторов, проблема заключается не в недостатке ресурсов, а в принципиальной невозможности создать на детерминированной машине Тьюринга УС, поддерживающую большое число сущностей.

Необходимость выполнения приведенных выше условий является ограничителем развития современных систем, для которых требуется высокая надежность, точность выполнения. В результате такие системы вынуждены использовать крайне малое количество сущностей. По этой причине, например, на сегодняшний день наблюдается отсутствие заметного прогресса в функциональных возможностях роботов-пылесосов.

Попытка увеличить надежность, уменьшить частоту ошибок через увеличение количества обрабатываемых сущностей неминуемо приводит к экспоненциальному росту трудоемкости разработки. [6, с. 45]

Если будет разработана некоторая машина, которая сможет выполнять приведенные выше 4 условия, есть надежда, что она сможет решать задачи управления более сложные, нежели те, которые подвластны современным машинам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мирзоев М.С., Сатторов А.Э., Джонмахмадов И. Т. Математическая машина Тьюринга и вычислительная сложность. СПб: Прометей, 2020. — 88 с.
2. Мандель И. Д. Кластерный анализ. М.: Финансы и статистика, 1988. — 176 с.
3. Cook S. The complexity of theorem proving procedures. Proceedings of the Third Annual ACM Symposium on Theory of Computing. 1971, pp. 151–158.
4. Ураков А.Р., Тимеряев Т. В. Актуальные проблемы автоматического управления транспортными средствами. Интеллектуальные технологии на транспорте. 2021. № 1 (25). — С. 35–45.
5. Брюс П., Брюс Э., Гедек П. Практическая статистика для специалистов Data Science: Пер. с англ. СПб.: БХВ-Петербург, 2021. — 352 с.
6. Ураков А.Р., Федорова Г. И. Возможность частичной реализации при алгоритмическом подходе и большом списке сущностей. Системная инженерия и информационные технологии. 2022. Т. 4. № 2 (9). — С. 43–48.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ НЕЧЕТКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

APPLICATION OF ELEMENTS OF THE THEORY OF FUZZY MODELING IN THE TASKS OF MONITORING THE TECHNICAL CONDITION OF COMPONENTS AND ASSEMBLIES OF MOTOR VEHICLES

A. Chuvashov
P. Kozhevnikova
V. Mushinsky

Summary. This paper proposes the use of the theory of fuzzy sets in the interpretation of data obtained in laboratory conditions for the analysis of lubricants that worked in the aggregates of motor vehicles. The proposed algorithms will allow you to get rid of unreliable values that are very common in data of similar origin. Reliable values of spent lubricants allow mechanics of various enterprises operating cars to take timely actions to maintain vehicles, as well as to prevent premature failure of units and assemblies, which reduces the financial costs of expensive repairs.

Keywords: engine oil, transmission oil, mathematical modeling, fuzzy modeling, clustering, optimization problem.

Чувашов Артур Александрович

Аспирант, Ухтинский государственный
технический университет, г. Ухта
achuvashov@ugtu.net

Кожевникова Полина Валерьевна

К.т.н., Ухтинский государственный технический
университет, г. Ухта
pkozhevnikova@ugtu.net

Мушинский Владимир Леонидович

Ведущий инженер, ТПП «ЛУКОЙЛ-Усинскнефтегаз»,
г. Усинск
pavlov0311@inbox.ru

Аннотация. В данной работе предлагается использование теории нечетких множеств при интерпретации полученных в лабораторных условиях данных по анализу смазочных материалов, работавших в агрегатах автотранспортных средств. Предлагаемые алгоритмы позволят избавиться от недостоверных значений, очень часто встречающихся в данных подобного происхождения. Достоверные значения показателей отработанных смазочных материалов позволяют механикам различных предприятий, эксплуатирующих автомобили, предпринимать своевременные действия по обслуживанию транспортных средств, а также предотвращению преждевременного выхода агрегатов и узлов из строя, что уменьшает финансовые затраты на дорогостоящий ремонт.

Ключевые слова: моторное масло, трансмиссионное масло, математическое моделирование, нечеткое моделирование, кластеризация, оптимизационная задача.

Задача своевременной и качественной диагностики технического состояния агрегатов транспортных средств является одной из важнейших, поскольку обнаружение проблем на ранней стадии позволяет значительно сократить затраты на дорогостоящий ремонт [1]. В настоящее время как в РФ, так и за рубежом развиваются различные методики по выявлению неисправностей в узлах транспортных средств с помощью интервального анализа работающих в них смазочных материалов (масла) в течение эксплуатации (по пробегу и (или) моточасам). Такой вид диагностики имеет ряд преимуществ:

1. проведение диагностики без разбора узлов;
2. неисправность узла (трансмиссии, двигателя, редукторов) выявляется на одной из ранних стадий, что напрямую влияет на стоимость ремонта;

3. отбор проб масла для анализа исключает необходимость транспортировки диагностического оборудования к месту работы техники, или, наоборот, доставку техники в пункт диагностики;
4. с помощью данного анализа возможно выявление фактической потери смазочными материалами эксплуатационных свойств и их оперативной замены, а не по регламентным интервалам.

Авторами [2] описывается создание цифровой системы мониторинга техники. Согласно этой системы, в узел автомобиля устанавливается разработанный датчик скорости износа, принцип работы которого основан на улавливании в работающем смазочном материале содержания продуктов износа — металлических частиц, повышенное содержание которых, как правило, образуется следующими факторами:

Таблица 1. Показатели содержания частиц железа

№	Агрегат	Содержание частиц железа	
		Нормальное значение, мг/л масла, не более	Предельно допустимое значение, мг/л масла
1	Гидравлические механизмы и системы	10	30
2	Двигатель внутреннего сгорания	30 (бензиновый ДВС) 60 (дизельный ДВС)	150 (бензиновый ДВС) 300 (дизельный ДВС)
3	Компрессоры	25	50
4	Механические трансмиссии	80	200
5	Турбинные агрегаты	20	30

- ◆ износостойкость деталей;
- ◆ эффективность системы очистки масла;
- ◆ применение некачественных (фальсифицированных) масел со сниженным содержанием противозносных компонентов;
- ◆ сильное превышение рекомендуемого производителем масла интервала замены.

В таблице 1 представлены предельные (браковочные) показатели содержания частиц железа в маслах, работающих в различных агрегатах.

Затем, по беспроводному протоколу Bluetooth происходит периодическая передача показателей водителю, либо механику предприятия для дальнейшего реагирования.

В программное обеспечение встроен алгоритм, позволяющий прогнозировать дальнейшее поведение масла и давать рекомендации о необходимости его замены. Недостатком данного прогноза является то, что он выполняется на основании статистических данных, взятых из базы имеющихся замеров аналогичных узлов. Соответственно, возникает возможность наследования статистических ошибок, описанных ранее при рассмотрении классических подходов к оценке достоверности подсчетов запасов углеводородов.

Применение созданного в рамках диссертационной работы программного комплекса при анализе показателей смазочного масла может позволить повысить точность прогноза его дальнейших эксплуатационных свойств, что положительно скажется на стоимости обслуживания транспорта. Для обоснования возможности применения необходимо воспользоваться представленными в работе [3] данными по замерам количества металлических частиц в масле и прогнозами эксплуатационных свойств, выполнить собственные исследования на этих же данных с применением созданного математического аппарата, сопоставить результаты и сделать выводы.

Представленные далее расчеты проведены с использованием программного комплекса, разработанного авторами статьи на языке программирования C#, вывод графических результатов осуществлялся в среду MatLab. Данный комплекс разрабатывался для решения задачи оценки достоверности исходных данных, используемых при прогнозировании запасов углеводородов, то есть в нефтегазовом деле. Однако, учитывая, что в его основе находится математическая нечеткая модель, можно утверждать, что применение этого комплекса возможно в различных отраслях прикладной области естественных наук. Для обоснования данного утверждения проведены нижеследующие экспериментальные расчеты.

Алгоритм решения задачи оценки достоверности исходных данных состоит из двух этапов:

- ◆ на первом этапе решается задача расположения источников;
- ◆ на втором — подбор веса источников.

Первый этап

Для определения местоположения источников на сетке воспользуемся алгоритмом кластеризации. Кластеризация — это разбиение исходных данных на кластеры. Кластеры представляют из себя группы со схожими характеристиками, которыми, в нашем случае, являются значения одновременно измеренных параметров.

В основе алгоритмов кластеризации лежит критерий сравнения объектов, которым, как правило, является расстояние. Для расчета расстояния была выбрана метрика квадрата евклидова расстояния (ρ) между объектами x и x' :

$$\rho(x, x') = \sum_i^n (x_i - x'_i)^2,$$

где n — количество характеристик объекта.

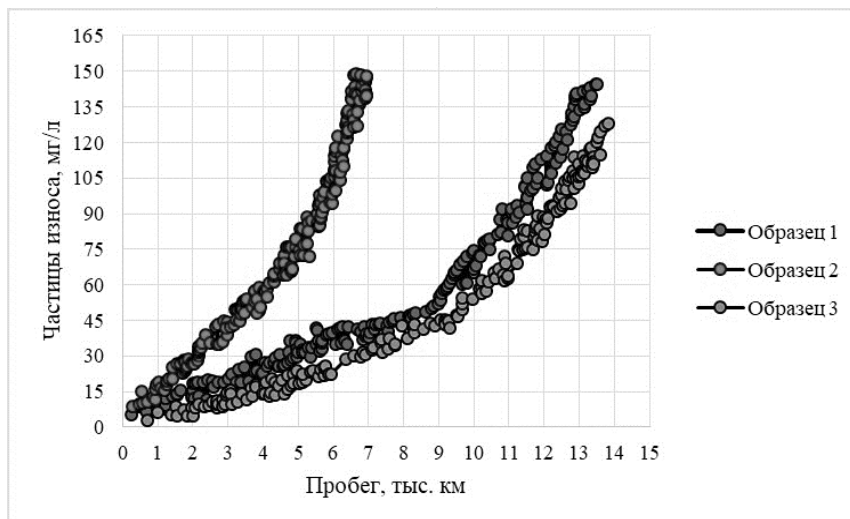


Рис. 1. Данные по исследованиям образцов моторного масла

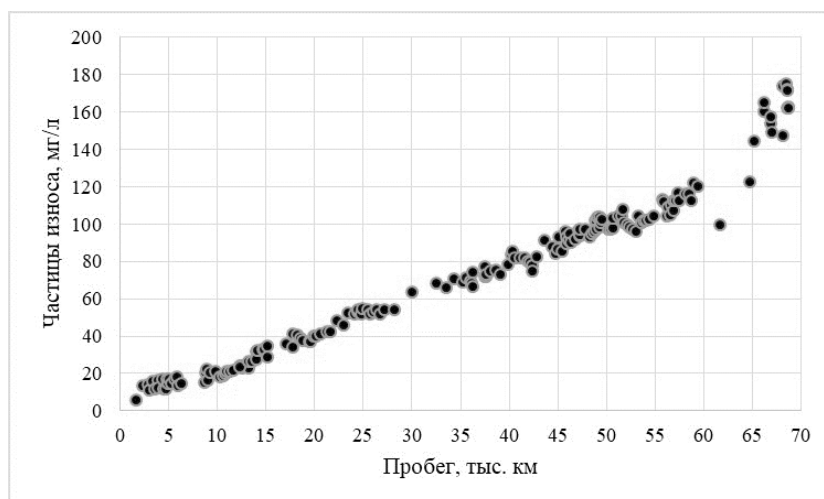


Рис. 2. Данные по исследованиям образца трансмиссионного масла

В качестве алгоритма кластеризации для решения поставленной задачи был выбран метод k-средних, позволяющий построить оптимальное решение (выбор координат источников) на основе минимизации суммарного квадратичного отклонения объектов кластера от центров данных кластеров:

$$\min_C \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^M \rho(\mathbf{a}_i, \mathbf{s}^k),$$

здесь $C = \{\mathbf{s}^k; k = 1 \div K\}$ — набор кластеров.

Входными данными для решения задачи кластеризации являются вектор значений параметров и коли-

чество источников. Выбранный метод удобен тем, что рассчитанные центры кластеров будут использованы в качестве координат источников данных.

Второй этап

Для решения задачи (1) в рамках второго этапа с целью расчета весов источников в точках (центров кластеров), полученных на первом этапе, можно воспользоваться алгоритмом Хука-Дживса. Данный метод относится к методам прямого поиска экстремума функции и состоит из исследующего поиска и поиска по образцу. Исследующий поиск предназначен для определения направления минимизации. Поиск по образцу заключается в изменении параметров функции вдоль

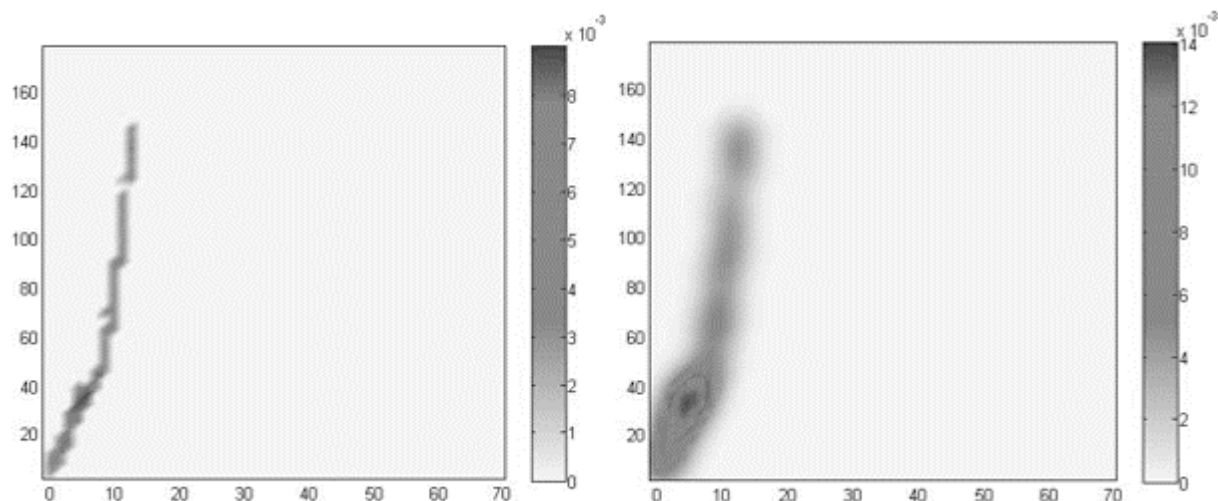


Рис. 3. Исследование исходных данных образца моторного масла 1:
карта источников (слева), поле рассеяния (справа)

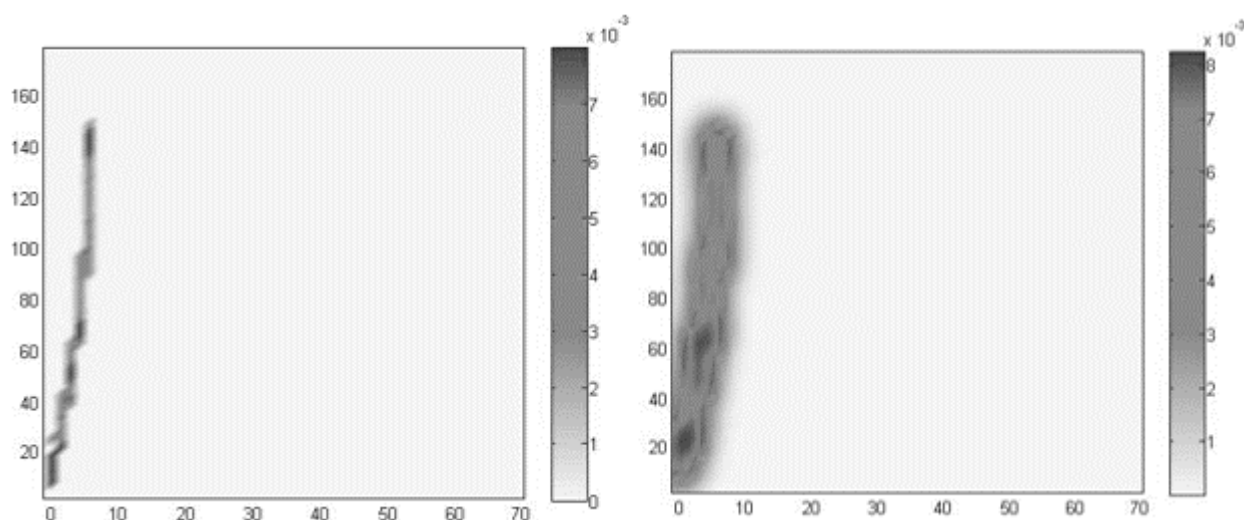


Рис. 4. Исследование исходных данных образца моторного масла 2:
карта источников (слева), поле рассеяния (справа)

выбранного направления. Метод Хука-Дживса широко применяется при решении инженерных задач [4].

Проведение экспериментальных расчетов

В качестве исходных данных для исследования были выбран графики зависимости содержания частиц износа от пробега двигателя внутреннего сгорания в трех образцах моторного масла разных одного и того же класса (10W40 API SG/CD) разных производителей (рисунок 1), а также зависимость содержания частиц износа от пробега трансмиссионного масла 85W90 API GL4

механической трансмиссии переключения передач автомобиля семейства «ГАЗель» (рисунок 2). По утверждениям авторов [3], данные значения получены путем исследования реальных образцов масел.

Затем, с помощью программы Graph2Digit, была произведена оцифровка данных графиков в таблицы Microsoft Excel. На следующем шаге данные таблицы загружались в созданный программный комплекс, и производился расчет. Для вычислений была выбрана расчетная сетка S размером 50×50 (согласно проводившимся ранее исследованиям по подбору расчетной

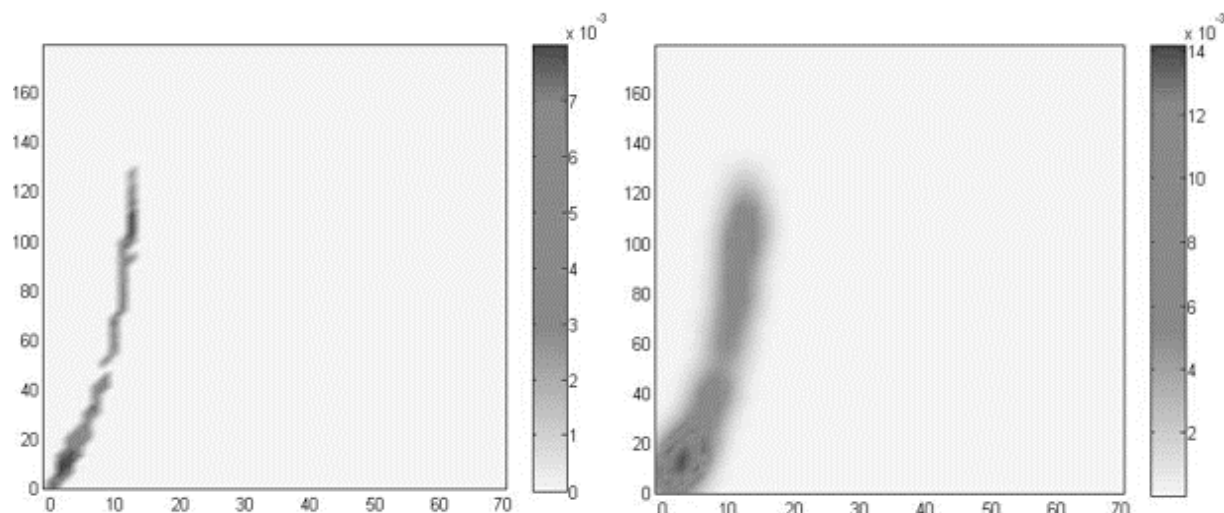


Рис. 5. Исследование исходных данных образца моторного масла 3:
карта источников (слева), поле рассеяния (справа)

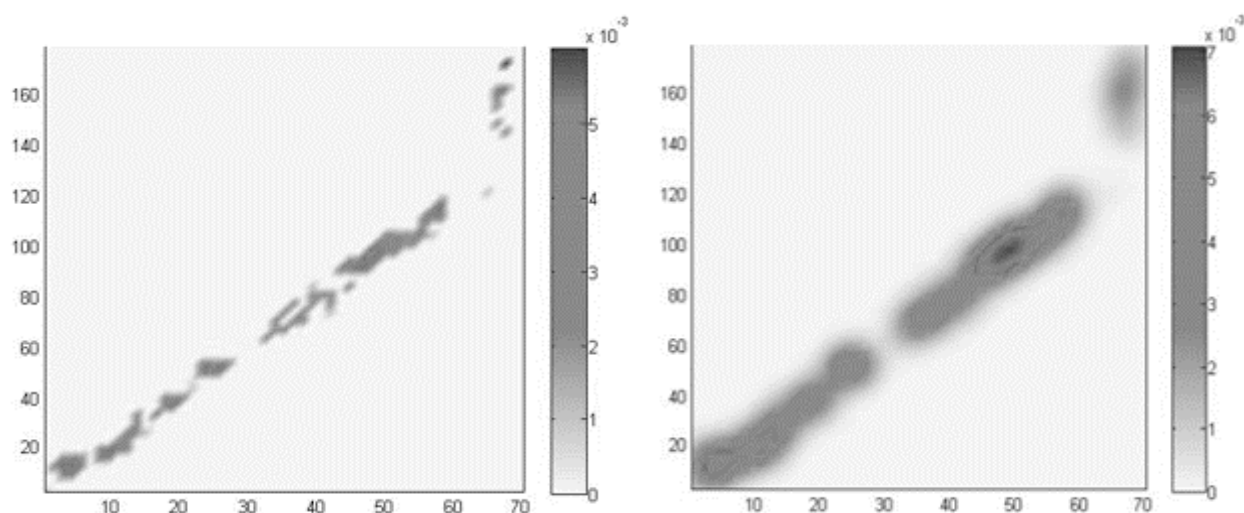


Рис. 6. Исследование исходных данных образца трансмиссионного масла:
карта источников (слева), поле рассеяния (справа)

сетки [5]). Расчеты были выполнены по трем образцам моторных масел, и по образцу трансмиссионного масла. На рисунках 3–6 представлены результаты.

Карта источников отображает местоположение источников, полученное на первом этапе, и веса источников, полученные на втором этапе. Поле рассеяния является основой представления данных в форме нечетких отношений и используется для оценки алгоритма сжатия информации путем сравнения данного поля с картой плотности. Вертикальная цветовая шкала справа на рисунках отображает числовые значения источников и поля рассеяния в палитру.

Анализируя результаты анализов образцов моторных масел, можно сделать вывод о том, что образец № 2 потерял удовлетворительные смазочные свойства, проработав около 60% от заявленного ресурсного времени. Для вынесения окончательного заключения необходима дополнительная информация об условиях эксплуатации, а также о происхождении данного масла. По общей оценке остальных образцов, видно, что количество металлических частиц в масле увеличивается прямо пропорционально пробегу.

В ходе выполнения экспериментальных расчетов были сделаны следующие выводы:

1. Для распределения источников информации при представлении набора одновременно измеренных значений параметров можно использовать алгоритм кластеризации, в частности, основанный на метрике квадрата евклидова расстояния.
2. Для расчета весов источников допустимо использовать метод Хука-Дживса.
3. Алгоритм, созданный изначально для решения задач нефтяной промышленности, допустимо использовать в прикладных областях естественных наук, что свидетельствует об его универсальности.
4. Следующим этапом является определение критерия уменьшения количества источников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Криони Н.К., Мигранов М.Ш., Нигматуллин Р.Г., Мигранов А.М. Смазочные материалы в машинах и при лезвийной обработке: учеб. пособие. М.: Инновационное машиностроение, 2018. 221 с.
2. Мигранов, А.М. Мониторинг состояния узлов трения по анализу смазочных материалов // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки». № 2 (10), 2021. — С. 29–38.
3. Салахов Т.З., Мигранов М.Ш., Нигматуллин Р.Г. Увеличение эффективности технического обслуживания промышленного оборудования на основе анализа состояния масла // Успехи современной науки и образования. 2017. Т. 5. № 2. С. 50–54.
4. Р. Хук, Т.А. Дживс «Прямой поиск решения для числовых и статических проблем». — М.: Мир, 1961. — С. 212–219.
5. Кожевникова П.В., Кунцев В.Е., Чувашов А.А. Влияние шага расчетной сетки при построении функций принадлежности отношений между петрофизическими параметрами // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2021. — № 7. — С. 65–70.

© Чувашов Артур Александрович (achuvashov@ugtu.net), Кожевникова Полина Валерьевна (pkozhevnikova@ugtu.net),
Мушинский Владимир Леонидович (pavlov0311@inbox.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Ухтинский государственный технический университет

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ И РИСКАМИ В РАМКАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ ТОПЛИВНО- ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

PROJECT AND RISK MANAGEMENT WITHIN THE FRAMEWORK OF ENSURING THE ECONOMIC SECURITY OF THE STATE OF THE FUEL AND ENERGY COMPLEX ENTERPRISES

R. Shagvaliev

Summary. The subject of the research is the key element of ensuring the economic interests of the owners of the organization — the management system of the economic security of the enterprise. Particular attention is paid to the methodology of risk management in the framework of project management. A comparative analysis of business practices and national policies in the areas of national security, economics and the fuel and energy industry is being carried out in order to improve the concepts and practices of ensuring the economic security of business entities in the framework of project management and risk management. The objects of study are business entities and investment projects of the fuel and energy complex. Research shows that the creation of a list of risks and the identification process: challenges, threats, risks, makes risk analysis simpler and more accurate.

Keywords: economic security, challenges, threats, risks, projects, risk management, project management, risk assessment, national security, energy security, fuel and energy complex.

Шагвалиев Радик Мингумерович

Аспирант, Казанский национальный
исследовательский технический университет им.

А.Н. Туполева — КАИ

sbln@mail.ru

Аннотация. Предметом исследования является ключевой элемент обеспечения экономических интересов собственников организации — система управления экономической безопасностью предприятия. Особое внимание уделено методологии управления рисками в рамках проектного управления. Проводится сравнительный анализ деловой практики и национальной политики в сферах национальной безопасности, экономики и топливно-энергетической промышленности с целью совершенствования концепций и практик обеспечения экономической безопасности хозяйствующих субъектов в рамках проектного управления и управления рисками. В качестве объекта исследования выступают субъекты хозяйствования и инвестиционные проекты топливно-энергетического комплекса. Исследования показывают, что создание списка рисков и процесс идентификации: вызовы, угрозы, риски, делает анализ рисков более простым и точным.

Ключевые слова: экономическая безопасность, вызовы, угрозы, риски, проекты, управление рисками, управление проектами, оценка рисков, национальная безопасность, энергетическая безопасность, ТЭК.

Введение

В настоящее время Российской Федерации создана, существует и развивается система обеспечения безопасности в сфере предприятий топливно- энергетического комплекса (ТЭК).

Во-первых, основной частью этой стратегии является Федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» от 28.06.2014 N172-ФЗ. Этот закон и статья 11 прямо требуют установления политики национальной безопасности России и обнародования перечней других документов в области безопасности, таких как государственные политики, доктрины и другие секретные документы в этой области и в различных странах. Определить некоторые аспек-

ты национальной безопасности. Данный закон в своей статье 11 прямо требует формирования стратегии национальной безопасности России, а также оставляет открытым список относительно других документов в области безопасности, таких как государственные политики, доктрины и частные иные документы в этой области в различных сферах, определяющих те или иные аспекты национальной безопасности для топливно-энергетического комплекса [1].

Основным документом с точки зрения организации стратегических целей является Указ Президента Российской Федерации от 02.07.2021 N400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации». В разделе 5 Плана национальной безопасности излагаются основные идеи, которые должен включать план.

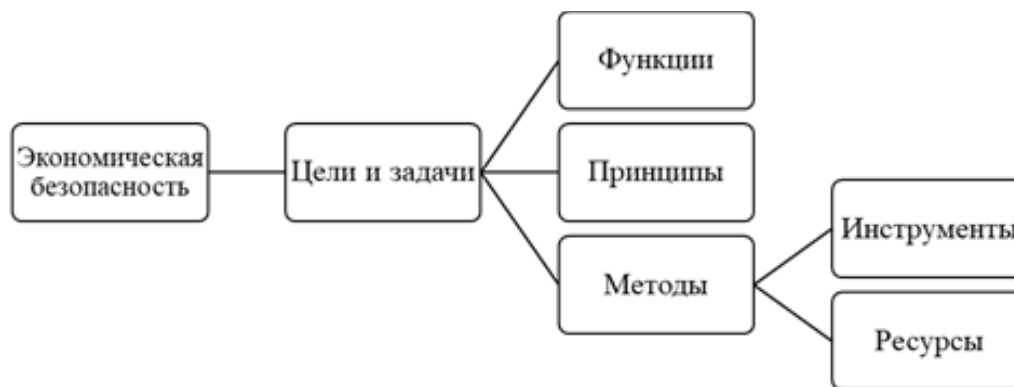


Рис. 1. Управление финансовой безопасностью предприятия

Поэтому национальная безопасность России понимается как состояние защищенности от различных угроз национальным интересам России [2].

Эта безопасность в первую очередь дает России возможность расширить свое социально-экономическое развитие. Еще одним важным понятием является национальный интерес России, то есть значимость различных предметов, воспринимаемых всеми во власти, не только в сфере безопасности, но и в развитии. И, наконец, в этой статье определено, что то, что является риском [3]. Под риском, как правило, понимается система определенных условий, которые могут повлечь за собой возможность причинения ущерба или иным интересам государства.

Сегодняшняя бизнес-среда требует от финансовых институтов более комплексной работы, чтобы снизить негативное влияние финансового кризиса, защитить интересы бизнеса, обеспечить наивысший уровень экономической безопасности [4].

Одной из вещей, которая позволяет бизнесу добиться успеха, обеспечить финансовую и экономическую независимость и противостоять турбулентным воздействиям внешней и внутренней финансовой системы, является управление проектами и рисками в рамках обеспечения комплексной безопасности топливно-энергетического комплекса.

В настоящее время исследовать явления, связанные с процессом управления экономической безопасностью предприятия, является сложным процессом, требующим глубокого анализа. Это происходит из-за изменения экономических условий, различных способов определения экономической безопасности, достаточной научной разработки и самого процесса исследования проблемы экономической безопасности предприятий ТЭК [5].

Объединяя действующие методы и определения, можно сделать вывод, что управление финансовой безопасностью бизнеса представляет собой систему, управляющую финансовой системой бизнеса, целью которой является обеспечение защиты финансового положения [6].

По общей системе управления и предложенному определению наглядно можно представить план обеспечения экономической безопасности бизнеса (рис. 1). Эффективное обеспечение экономической безопасности, в любой сфере деятельности, позволяет наладить важную систему для успешного функционирования предприятий [7].

Важным аспектом национальной безопасности, экономического и военно-стратегического планирования является защита государства от угроз. Однако в литературе, анализирующей разработки в сфере экономической и промышленной безопасности предприятий ТЭК, раскрывающей обеспечение национальной безопасности в сфере экономической и промышленной безопасности, существуют разные взгляды на политику национальной безопасности [8].

Система возможных рисков экономической безопасности и промышленности имеет три измерения, а именно: вызовы, угрозы, риски. Когда вызовы являются принятыми изменениями. Не положительными или отрицательными сами по себе, их следует рассматривать как необходимые изменения, которые могут быть нейтральными. Угроз — есть определенные комбинации, которые могут создавать препятствия в обеспечении национальной безопасности предприятий ТЭК. Риск — это развитие угроз, которые могут нанести прямой вред [1].

Риск является важной частью любой ответственности для всех организаций, поэтому управление риска-

ми становится одним из важнейших преимуществ любой компании, независимо от вида деятельности [9].

Управление рисками помогает бизнесу не только повысить эффективность внутренних процессов, но и в случае небольшой аварии позволяет быстро изменить ситуацию и принять меры. Управление рисками направлено на снижение или устранение риска. При игнорировании управления рисками, финансовое положение компании будет неудовлетворительным [10].

Методы управления рисками — это процедуры и методы, гарантирующие эффективное и результативное функционирование управленческих и бизнес-процессов.

Анализ инвестиционных стратегий показывает, что наиболее эффективным способом управления риском в проекте является выбор конструктивного решения.

Например, в рамках реализации методологии COSO предоставляется всестороннее представление о рисках в рамках процессе [11].

Во многих компаниях анализ рисков часто основывается на их интерпретации и часто не измеряет какое-либо влияние риска. Поэтому при управлении проектами часто может возникать необходимость выявления риска, например, повышения углеродной политики в Европе, а также многие другие риски. При проведении количественной оценки математический смысл приобретает экономический анализ и эффективности управления проектами, который включает в себя оценку изменений в ходе реализации проекта.

В этом случае часто существует связь между выявленными рисками и входной моделью. Это видно и по принципам методологии COSO.

Но важно не только выявить сам риск, но и пытаться найти причину. Чтобы понять эту причину, необходимо учитывать, что все риски разработанной в соответствии с принципами COSO, называются одним именем — угроза. Согласно документу политики правительства в области безопасности и топливно-энергетической промышленности, в определении экономической безопасности и промышленного риска также есть слово для

обозначения риска — опасности. Однако, стоит также подразделять весь процесс на вызовы, угрозы и риски для обеспечения комплексной оценки воздействий [12].

Это процесс, которого не хватает для создания системы, которая заботилась бы о финансовых успехах национальной экономики. Например, результатом реализации вызова может стать риск политического давления с целью сокращения поставок энергоносителей из России в Европу. Воздействие этой угрозы невозможно измерить напрямую. Для того чтобы получить количественную оценку, необходимо уменьшить риск для конкретного риска или опасности. Например, риск возникновения препятствий при строительстве нескольких трубопроводов из России в Китай. Однако здесь можно контролировать ущерб, наносимый такими препятствиями. По крайней мере, технически возможно оценить возможность задержки строительства или даже невозможность завершения строительства газопровода.

Поэтому использование условий риска, созданных в документе национального плана: вызовы, угрозы, риски в предприятиях ТЭК с одной стороны, сэкономят время на поиск решений, которых не существует, с другой стороны, он показывает хороший способ количественного анализа воздействия риска.

Заключение

Для поддержания интересов национальной экономики и обеспечения экономической безопасности предприятий топливно-энергетического комплекса, управление рисками при управлении проектами является эффективным инструментом уменьшения негативного воздействия на финансовую устойчивость предприятия.

При этом, классификация возможных рисков на вызовы, угрозы и риски, позволяет проводить оценку критичности воздействия на проекты, реализуемые в рамках функционирования топливно-энергетических компаний и снизить трудозатраты на риски с минимальным воздействием на бизнес, тем самым используя один из основных методов управления риском — принятие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комзолов А.А., Кириченко Т.В. Практическое применение в управлении рисками концепции иерархического построения угроз экономической безопасности // Современная наука: актуальные вопросы, достижения и. — 2021. — С. 24.
2. Назаров В.П., Афиногенов Д.А. Проблемы развития общей теории национальной безопасности в контексте корректировки Стратегии национальной безопасности Российской Федерации // Власть. — 2020. — № 1. — С. 9–19.

3. Бэттлер А. Национальные интересы, национальная и международная безопасность //Полис. Политические исследования. — 2002. — № . 4. — С. 146–158.
4. Пантелеева Т. Экономическая безопасность хозяйствующего субъекта. — Litres, 2022.
5. Устюжанцева А.Н., Исламутдинов В.Ф. Механизм обеспечения экономической безопасности предприятий топливно-энергетического комплекса на основе их сетевого взаимодействия. — 2022.
6. Линников А.С. Стратегическая цель и задачи обеспечения финансовой безопасности финансовых организаций //Проблемы экономики и юридической практики. — 2013. — № . 6. — С. 170–175
7. Белоусов А.Н. Оценка эффективности мероприятий по обеспечению экономической безопасности предприятия. — 2018.
8. Алексеева Т., Назаров В., Афиногенов Д. Повышение научной обеспеченности политики в области национальной безопасности: влияние зарубежного опыта //Международные процессы. — 2020. — Т. 18. — № . 1. — С. 6–28.
9. Матвеев А.С., Крапивин С. Методологические основы управления рисками корпорации в условиях рынка //Менеджмент и бизнес-администрирование. — 2009. — № . 4. — С. 126–141.
10. Веснина Е.И. Финансовая устойчивость как фактор обеспечения экономической безопасности предприятия. — 2019.
11. ЯРКИНА Н.Н. Концептуальность управления предпринимательскими рисками //Экономическая безопасность Учредители: Первое экономическое издательство. — 2022. — Т. 5. — № . 1. — С. 77–90.
12. Караваева И.В., Лев М.Ю. Итоги проведения V Международной научно-практической конференции «Сенчаговские чтения» «Новые вызовы и угрозы экономике и социуму России» //Экономическая безопасность. — 2021. — Т. 4. — № . 3. — С. 853–887.

© Шагвалиев Радик Мингумерович (sbln@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ

ПОСЛЕДСТВИЯ ПЕРЕНЕСЕННОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ ДЛЯ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ И МЕТОДЫ ИХ КОРРЕКЦИИ

THE CONSEQUENCES OF A CORONAVIRUS INFECTION FOR THE RESPIRATORY SYSTEM AND METHODS FOR THEIR CORRECTION

**A. Achabayeva
O. Guzeev
A. Khasauova
A. Kertov
R. Khurzokova**

Summary. Coronavirus of severe acute respiratory syndrome 2 (SARS-CoV-2) is associated with damage to the lung tissue with the subsequent development of viral pneumonia and acute respiratory distress of syndrome. A certain cascade of pathophysiological processes contributes to the progression of the fibrous process in the post-shape period, which has an adverse effect on the function of external respiration and the quality of life of the patient. The use of pulmonary rehabilitation programs (inspiratory training, vibrational percussion therapy, training of the upper and lower muscle groups) can improve the value of functional and volumetric indicators of the lungs, accelerate the restoration of performance and social functioning.

Keywords: coronavirus, covid-19, pneumonia, acute respiratory distress syndrome, rehabilitation.

Ачабаева Айшат Борисовна

Кабардино-Балкарский Государственный
Университет им. Х.М. Бербекова
aisha.aca@yandex.ru

Гузеев Осман Викторович

Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова
Хасауова Асият Солтановна
Кабардино-Балкарский Государственный
Университет им. Х.М. Бербекова

Кертвов Амир Бесланович

Кабардино-Балкарский государственный
университет имени Х.М. Бербекова

Хурзокова Регина Андреевна

Кабардино-Балкарский государственный
университет имени Х.М. Бербекова

Аннотация. Коронавирус тяжелого острого респираторного синдрома 2 (SARS-CoV-2) связан с поражением легочной ткани с последующим развитием вирусной пневмонии и острого респираторного дистресс синдрома. Определенный каскад патофизиологических процессов способствует прогрессированию фиброзного процесса в постковидном периоде, что оказывает неблагоприятное влияние на функцию внешнего дыхания и качество жизни пациента. Применение программ легочной реабилитации (инспираторный тренинг, вибрационно-перкуSSIONная терапия, тренировка верхних и нижних групп мышц) позволяет улучшить значение функциональных и объемных показателей легких, ускорить восстановление работоспособности и социального функционирования.

Ключевые слова: коронавирус, COVID-19, пневмония, острый респираторный дистресс синдром, реабилитация.

Введение

Коронавирусная инфекция 2019 года (COVID-19), вызванная штаммом коронавируса, известным как коронавирус тяжелого острого респираторного синдрома 2 (SARS-CoV-2), стала глобальной пандемией, затронувшей жизни миллиардов людей [1,2]. Она оказала беспрецедентное воздействие не только на общественное здравоохранение, но и на социальную и экономическую составляющие нормальной жизнедеятельности людей. Экспоненциальный рост числа пациентов с COVID-19 стал причиной перегрузки систем здравоохранения во многих странах мира.

SARS-CoV-2 является причиной респираторной инфекции, которая у большинства пациентов приводит к появлению вирусной пневмонии вследствие активации провоспалительных цитокинов и развития цитокинового шторма, острому респираторному дистресс синдрому (ОРДС) [3,6]. Неблагоприятные последствия перенесенной инфекции COVID-19 проявляются в основном нарушением функции внешнего дыхания и снижением качества жизни. Разработка и внедрение программ по легочной реабилитации (ЛР) является перспективным направлением, позволяющим осуществлять более быстрое восстановление работоспособности пациентов и их социальное функционирование.

Цель работы

Анализ последствий перенесенной COVID-19 для дыхательной системы и методы их коррекции.

Патофизиологический механизм поражения легочной ткани штаммом коронавируса тяжелого острого респираторного синдрома 2 (SARS-CoV-2) связан с развитием воспалительной реакцией в легких и делится на три фазы: а) экссудативная, б) пролиферативная и в) фиброзная [5]. SARS-CoV-2 в первую очередь связывается с клетками с высокой экспрессией рецепторов ангиотензинпревращающего фермента –2 (клетки носовой полости, клетки дыхательных путей) [6].

В ранней экссудативной фазе наблюдается инактивация сурфактанта, отложение фибрина, обширное воспаление тканей и нарушение клеточного гомеостаза, включая развитие апоптоза и некроза (например, в пневмоцитах II типа) [6,7]. Помимо экссудации и пролиферации на фоне вирус-индуцированного эндотелиита, микроангиопатии и тромбоза, может развиваться фиброз легких с необратимым разрушением легочной архитектуры [8,9].

Одновременно с соответствующими типичными патофизиологическими фазами ОРДС (экссудация-пролиферация-фиброз) происходит инвазия и активация иммунных клеток (например, нейтрофилов и/или моноцитов), что увеличивает высвобождение как про-, так и противовоспалительных медиаторов и/или цитокинов [10]. Кроме того, кровоизлияние из-за повреждения эндотелия активирует каскад коагуляционных процессов, кульминацией которого является отложение фибрина. Все это способствует фиброзу альвеолярного пространства [11]. Несмотря на тот факт, что у пациентов в постковидном периоде вирус элиминирован, устранение причины повреждения легких само по себе не исключает вероятности развития необратимого прогрессирующего и фиброзного интерстициального заболевания легких [12].

Некоторыми исследователями было отмечено, что у 4,8% пациентов с легким течением заболевания через 3 и 6 месяцев было зарегистрировано развитие воспалительного интерстициального заболевания легких [13]. Приблизительно у трети пациентов, перенесших тяжелую форму пневмонии, в течение 6 месяцев после выписки выявлялись фиброзные изменения (паренхиматозные тяжи), а в 25% случаев через год после выписки-субплевральные, которые сопровождались нарушениями функции газообмена и снижением качества жизни [14,15]. Большинство пациентов, перенесших коронавирусную пневмонию после выписки из стационара и возвращения к обычной жизнедеятельности стал-

киваются с нарушениями функции внешнего дыхания, ограничениями физической работоспособности, социального и психоэмоционального функционирования.

В связи с этим проведение своевременных реабилитационных мероприятий может значительно улучшить прогноз. Целью ЛР у пациентов, перенесших внебольничную пневмонию, обусловленную новой коронавирусной инфекцией, является улучшение дыхательной функции, облегчение симптомов, снижение возможной тревожности, депрессии и вероятности осложнений, нормализация работы дыхательной и скелетной мускулатуры, нутритивного статуса. В ряде предыдущих исследований было отмечено положительное влияние ЛР на течение таких заболеваний, как хроническая обструктивная болезнь легких, и пневмония H1N1 [16]. Кроме того, было доказано, что ЛР улучшает функцию легких и качество жизни при интерстициальных заболеваниях легких (идиопатический легочный фиброз и интерстициальная пневмония) [17].

Основными методами ЛР являются: инспираторный тренинг; вибрационно-перкуSSIONная терапия (аппараты HillRom Vest / Vest Airway Inc. (США) и Ventum Vest Vibration YK800 (Китай)); тренировка верхней и нижней групп мышц. Для восстановления дыхательных мышц можно использовать упражнения, направленные на тренировку диафрагмы: диафрагмальное дыхание, упражнения с тренировкой вдоха, который необходимо делать достаточно длинным (на раз-два-три) для улучшения вентиляции, и выдох с небольшим сопротивлением через сомкнутые губы (на раз-два-три-четыре) [18]. Для этих целей могут быть также использованы и специальные тренажеры-Threshold IMT, Respironics (США), Powerbreathe Classic и Plus, Gaiam Ltd (Великобритания). Вибрационно-перкуSSIONная терапия оказывает положительное влияние на дренажную функцию легких за счет улучшения мукоцилиарного клиренса и функциональных изменений легких. Прибор, осуществляющий данное воздействие, может влиять на функциональные и объемные показатели легких, улучшать вентиляцию в альвеолах за счет положительного давления (исследования Antonello Nicoloni; Rainer Gloeck) и является безопасным для пациентов с ДН.

Тренировка верхней и нижней групп мышц важна для восстановления скелетной мускулатуры, работа которой ассоциируется с работой дыхательной мускулатуры.

В исследовании Hermann et al., были изучены эффекты комплексной стационарной программы ЛР путем ретроспективного анализа данных 28 пациентов с тяжелой/критической формой COVID-19. Авторы пришли

к выводу, что легочная реабилитация после COVID-19 была эффективной в плане улучшения физической работоспособности и субъективного состояния здоровья у данной когорты пациентов [19].

Для достижения существенного результата, длительность курсов легочной реабилитации должна составлять не менее 8 недель по 2–3 сеанса в день продолжительностью 15–20 мин. Более длительные программы дают лучшие результаты. Раннее начало ЛР является предпочтительным. Интенсивность тренировок определяется специалистами с учетом клинической карти-

ны, данных объективных методов исследования и сопутствующей патологии.

Вывод

Новая коронавирусная инфекция (COVID-19) ассоциируется с поражением легочной ткани (пневмония, ОРДС), последствия которого оказывают негативное влияние на показатели функции внешнего дыхания и качества жизни. Внедрение и использование на практике программ ЛР необходимо для устранения неблагоприятных последствий перенесенной инфекции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Addendum: A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin / P. Zhou, X.L. Yang, X.G. Wang, et al. // *Nature*. — 2020. — Vol. 588, № 7836. — P. 270–273.
2. The role of host genetics in the immune response to SARS-CoV-2 and COVID-19 susceptibility and severity / I.G. Ovsyannikova, I.H. Haralambieva, S.N. Crooke, et al. // *Immunol Rev*. — 2020. — Vol. 296, № 1. P. 205–219.
3. SARS-CoV-2 Cell Entry Depends on ACE2 and TMPRSS2 and Is Blocked by a Clinically Proven Protease Inhibitor / M. Hoffmann, H. Kleine-Weber, S. Schroeder, et al. // *Cell*. — 2020. — Vol. 181, № 2. — P. 271–280.
4. The trinity of COVID-19: immunity, inflammation and intervention / M.Z. Tay, C.M. Poh, L. Rénia, et al // *Nat Rev Immunol*. — 2020. — Vol. 20, № 6. — P. 363–374.
5. SARS-CoV-2 reverse genetics reveals a variable infection gradient in the respiratory tract / Y.J. Hou, K. Okuda, C.E. Edwards, et al. // *Cell*. — 2020. — Vol. 182, № 2. — P. 429–446.
6. Pulmonary post-mortem findings in a series of COVID-19 cases from northern Italy: a two-centre descriptive study / L. Carsana, A. Sonzogni, A. Nasr, et al. // *The Lancet Infect Dis*. — 2020. — Vol. 20, № 10. — P. 1135–1140.
7. Presence of hyaluronan in lung alveoli in severe Covid-19: an opening for new treatment options? / U. Hellman, M.G. Karlsson, A. Engstrom-Laurent, et al. // *J Biol Chem*. — 2020. — Vol. 295, № 45. — P. 15418–15422.
8. Urgent avenues in the treatment of COVID-19: targeting downstream inflammation to prevent catastrophic syndrome / L. Quartuccio, L. Semerano, M. Benucci, et al. // *Joint Bone Spine*. — 2020. — Vol. 87, № 3. — P. 191–193.
9. Chen, W. A potential treatment of COVID-19 with TGF-beta blockade / W. Chen // *Int J Biol Sci*. — 2020. — Vol. 16, № 11. — P. 1954–1955.
10. COVID-19 pneumonia: different respiratory treatments for different phenotypes? / L. Gattinoni, D. Chiumello, P. Caironi, et al. // *Intensive Care Med*. — 2020. — Vol. 46, № 6. — P. 1099–1102
11. Jonh, A.E. COVID-19 and pulmonary fibrosis: a potential role for lung epithelial cells and fibroblasts / A.E. Jonh, C. Joseph, G. Jenkins, A.L. Tatler // *Immunol Rev*. — 2021. — Vol. 302, № 1. — P. 228–240
12. Post-acute lung complications of COVID-19 / J. Solomon, B. Heyman, J.P. Ko, et al. // *Radiology*. — 2021. — Vol. 301, № 2. — P. E383–E395
13. Persistent post-COVID-19 interstitial lung disease. An observational study of corticosteroid treatment / K.J. Myall, B. Mukherjee, A.M. Castanheira, et al. // *Ann Am Thorac Soc*. — 2021. — Vol. 18, № 5. — P. 799–806
14. Six-month follow-up chest CT findings after severe COVID-19 pneumonia / X. Han, Y. Fan, O. Alwalid, et al. // *Radiology*. — 2021. — Vol 302, № 3.
15. Chest CT patterns from diagnosis to 1 year of follow-up in COVID-19 / F. Pan, L. Yang, B. Liang, et al // *Radiology*. — 2021. — Vol 302, № 3.
16. Recovery of pulmonary functions, exercise capacity, and quality of life after pulmonary rehabilitation in survivors of ARDS due to severe influenza A (H1N1) pneumonitis / M.J. Hsieh, W.C. Lee, H.Y. Cho, et al. // *Influenza Respir Viruses*. — 2018. — № 12. — P. 643–8.
17. Pulmonary rehabilitation for exercise tolerance and quality of life in IPF patients: a systematic review and meta-analysis / X. Yu, X. Li, L. Wang, et al. // *BioMed Res Int*. — 2019. — P. 8498603.
18. Мещерякова Н.Н., Белевский А.С., Кулешов А.В. Легочная реабилитация пациентов, перенесших коронавирусную инфекцию COVID-19 (клинические примеры). Пульмонология. — 2020. — Т. 30, № 5. — P. 715–722.
19. Feasibility and efficacy of cardiopulmonary rehabilitation after COVID-19 / M. Hermann, A.M. Pekacka-Egli, F. Witassek, et al. // *Am J Phys Med Rehabil*. — 2020. — № 99. — P. 865–869.

© Ачабаева Айшат Борисовна (aisha.aca@yandex.ru), Гузеев Осман Викторович,

Хасауова Асият Солтановна, Кертов Амир Бесланович,

Хурзокова Регина Андреевна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСОБЕННОСТИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ С КИНК ПРИ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ

FEATURES OF SURGICAL TREATMENT OF PATIENTS WITH CLLI WITH DIABETES MELLITUS

**A. Gavrilenko
Ye Haoran
Ya. Sarkhanidze**

Summary. The high prevalence of critical lower limb ischemia (CLLI) among patients with diabetes mellitus (DM) is associated with the clinical and morphological features of peripheral arterial disease. The treatment of this category of patients presents certain difficulties, which are most often associated with multilevel lesions of the arteries of the lower extremities, as well as the presence of severe comorbidity, which in most cases leads to amputation and disability of patients [1].

Keywords: atherosclerosis, lower limb revascularization, diabetes mellitus, critical limb ischemia, amputation, bypass surgery, endovascular treatment.

Гавриленко Александр Васильевич

Академик РАН, Институт клинической медицины
ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова
Минздрава России; ФГБНУ «РНЦХ им. академика
Б.В. Петровского», г. Москва

Е Хаожань

Аспирант ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени
И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва
yehaorandc@gmail.com

Сарханидзе Яго Муртазович

Аспирант отделения сосудистой хирургии ФГБНУ
«РНЦХ им. академика Б.В. Петровского», г. Москва

Аннотация. Высокая распространенность критической ишемии нижних конечностей (КИНК) среди пациентов с сахарным диабетом (СД) ассоциирована с клиническими и морфологическими особенностями заболевания периферических артерий. Лечение данной категории больных представляет определенные трудности, которые чаще всего связаны с многоуровневым поражением артерий нижних конечностей, а также наличием тяжелой сопутствующей патологии, что в большинстве случаев приводит к ампутации и инвалидизации пациентов [1].

Ключевые слова: атеросклероз, ревазуляризация нижних конечностей, сахарный диабет, критическая ишемия конечностей, ампутация, операция шунтирования, эндоваскулярное лечение.

Введение

Критическая ишемия нижних конечностей (КИНК) является клиническим проявлением атеросклеротического поражения периферических артерий, свидетельствующим о декомпенсации кровообращения и соответствует III–IV стадии по классификации А.В. Покровского-Фонтейна. При наблюдении за пациентами с перемежающейся хромотой (IIA–IIB стадия заболевания) выявлено, что в 38,4% случаев у пациентов, находящихся на консервативной терапии и под контролем сосудистого хирурга, в течение 5 лет заболевание прогрессирует, что приводит к развитию критической ишемии, а при отсутствии лечения КИНК развивается в 75% случаев [2].

Сахарный диабет (СД) относится к социально значимым неинфекционным заболеваниям с крайне высоким темпом распространения. СД повышает риск развития поражения артерий нижних конечностей в 2–4 раза и встречается у 20% пациентов с патологией периферических артерий [3]. При этом 5% всех больных СД стар-

ше 60 лет имеют трофические проявления — гангрена, язва стопы [2]. Ампутации у пациентов с неудовлетворительным дистальным руслом при сопутствующем СД, по сравнению с пациентами без диабета, выполняются в 15–30 раз чаще [4].

Хирургическое лечение пациентов с КИНК на фоне сахарного диабета остается весьма сложной клинической практикой. В 80% случаев пациенты становятся неоперабельными и обречены на выполнение высоких ампутаций [5]. Поэтому поиск оптимальных способов сохранения конечности у данной категории больных является предметом постоянного углубленного исследования.

Эпидемиология КИНК у пациентов с сахарным диабетом

В западных странах количество больных КИНК составляет 50–100 пациентов на 100 тыс. населения. В России же число таких пациентов составляет 95,4 на 100 тыс. населения. По последним данным Между-

народной федерации диабета (International Diabetes Federation, IDF), количество пациентов с СД в мире достигло 463 млн., что опередило ранее прогнозируемые темпы прироста на 10–12 лет, а к 2045 г. ожидается увеличение еще на 51% — до 700 млн. человек [6]. Общая численность пациентов с СД в РФ, состоящих на диспансерном учете, на 01.01.2021 г. по данным Федерального центра Государственного регистра сахарного диабета (ГРСД), составила 4 799 552 (3,23% населения РФ), из них: СД-1–5,5% (265,4 тыс.), СД-2–92,5% (4,43 млн), другие типы СД — 2,0% (99,3 тыс.) [7]. С 2000 г. численность пациентов с СД увеличилась более чем в 2 раза [8]. СД является фактором риска для развития критической ишемии у пациентов с перемежающейся хромотой (более высокие показатели критической ишемии (до 30%) были выявлены у пациентов с сахарным диабетом) [9]. Исследование Hoorn вносит ясность в распространенности КИНК у пациентов с диабетом и без: так при отсутствии толерантности к глюкозе ЛПИ $\leq 0,9$ встречался в 20,9% случаев, в то время как у пациентов с толерантностью к глюкозе составлял всего 7% [10]. Однако, распространенность КИНК у пациентов с СД, остается недооцененной из-за нетипичного характера течения заболевания, искаженного восприятия боли, что связано с развитием периферической нейропатии [9].

По данным литературы, частота ампутаций и развития диабетической стопы у больных СД отличается вариабельностью, а именно показатели ежегодной частоты больших ампутаций в развитых странах колеблются от 0,01 до 1,84% на 10 тыс. больных сахарным диабетом [11]. Согласно данным Государственного регистра больных сахарным диабетом, в России частота ампутаций варьирует от 0,04 до 6,0%. Смертность после высоких ампутаций через год составляет 20–30%. Выполнение открытых и эндоваскулярных операций на артериях нижних конечностей у больных с критической ишемией и сахарным диабетом позволяет сохранить конечность в 50–85% случаев [12].

Исходы у пациентов с КИНК и СД

Исходы пациентов с сахарным диабетом и КИНК зависят от таких факторов, как наличие сопутствующих заболеваний, наличие инфекции, невропатия и иммунологические факторы [13]. Высокий уровень гликемии связан с более высокой распространенностью КИНК и риском неблагоприятных исходов, включая необходимость в открытых и эндоваскулярных операциях на артериях нижних конечностей, ампутации или летального исхода [14].

В РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского проведена работа, посвященная оценке результатов комплексного лече-

ния пациентов с критической ишемией нижних конечностей при сопутствующем сахарном диабете. В работе проанализированы результаты лечения 144 пациентов (92 мужчины (63,9%), 52 женщины (36,1%)), находившихся на лечении в отделении хирургии сосудов РНЦХ им. Б.В. Петровского. Сахарный диабет I типа встречался у 8 пациентов (5,6%), II типа — у 136 (94,4%) пациентов. [15] В результате проведенной работы выявлено, что комплексное лечение, включающее как хирургическое вмешательство, так и стандартную лекарственную терапию с применением генных методов стимуляции ангиогенеза, позволяет сохранить конечность в отдаленном периоде наблюдения. [15]

В Рязанском ГМУ было проведено исследование, целью которого являлось улучшение результатов хирургического лечения пациентов с КИНК при сопутствующем СД. В исследование были включены данные по 75 пациентам, разделенных на 2 группы. Пациентам контрольной группы (N = 45) после дообследования, подтверждения диагноза и предоперационной подготовки выполнялось хирургическое лечение методами открытого, эндоваскулярного или гибридного вмешательства в зависимости от тактики, принятой командой сосудистых и эндоваскулярных хирургов. Пациентам исследуемой группы (N = 30) после проведения оперативного вмешательства на 7 и 21 сутки выполнялось введение геннотерапевтического препарата на основе плазмиды с сосудистым эндотелиальным фактором роста VEGF-165 (Неоваскулген®). [2]

В результате выявлено, что дополнение прямой реваскуляризирующей операции генной терапией позволяет достоверно улучшить результаты лечения по первичным критериям эффективности (83,3% сохранность конечности; 13,3% летальных исходов). Использование терапевтического ангиогенеза позволяет снизить количество ампутаций после окклюзии зоны реконструкции за счет формирования коллатерального кровообращения, достаточного для сохранения конечности в отдаленном периоде. [2]

Хирургическое лечение критической ишемии нижних конечностей у больных с сопутствующим сахарным диабетом

Для больных с КИНК и СД характерно многоуровневое поражение артериального русла, с преимущественным поражением дистального русла [1]. Частота стенозов берцовостопного сегмента составляет 46–85%, а сочетанного поражения бедренно-подколенного и берцовостопного — 80–90% случаев [16].

Хирургическое лечение критической ишемии на сегодняшний день подразделяется на:

3. Национальные рекомендации по ведению пациентов с патологией артерий нижних конечностей // *Ангиология и сосудистая хирургия*. 2013. Т. 19, № 2 (Прил.). — С. 1–67.
4. Lipsky B.A., Berendt A. R., Cornia P. B. et al. Infectious Diseases Society of America clinical practice guideline for the diagnosis and treatment of diabetic foot infections. // *Clin Infect Dis*. 2012. Vol. 54 — P. 132–173.
5. Дибиров М.Д., Брискин Б. С., Хамитов Ф. Ф. и др. Роль реконструктивных сосудистых операций у больных диабетической ангиопатией // *Хирургия*. 2009. № 2. С. 59–63.
6. IDF Diabetes Atlas, 9th edition. Brussels: International Diabetes Federation; 2019; Available from: <https://www.diabetesatlas.org/en/>.
7. Дедов И.И., Шестакова М. В., Викулова О. К., Железнякова А. В., Исаков М. А. Эпидемиологические характеристики сахарного диабета в российской федерации: клиничко-статистический анализ по данным федерального регистра сахарного диабета на 01.01.2021 // *Сахарный диабет*. 2021;24(3):204–221.
8. Дедов И.И., Шестакова М. В., Викулова О. К. и др. Атлас регистра сахарного диабета Российской Федерации. Статус 2018 г. // *Сахарный диабет*. — 2019. — № 22(25). — С. 4–61. doi: <https://doi.org/10.14341/DM12208>.
9. Полянцева А.А., Фролов Д. В., Линченко А. М. и др. Эрозивно-язвенные поражения желудочнокишечного тракта и кровотечения у пациентов с критической ишемией нижних конечностей и сахарным диабетом, подвергшихся эндоваскулярным вмешательствам. *Вестник хирургии имени И. И. Грекова*. 2021;180(1):65–72. <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2021-180-1-65-72>
10. Anitra D.M. Koopman¹, Simone P. Rauh, Esther van 't Riet The Association between Social Jetlag, the Metabolic Syndrome, and Type 2 Diabetes Mellitus in the General Population: The New Hoorn Study // *Journal of Biological Rhythms* Volume 32, Issue 4, August 2017, Pages 359–368, <https://doi.org/10.1177/0748730417713572>
11. Galstyan G.R., Vikulova O. K., Isakov M. A., Zheleznyakova A. V., Serkov A. A., Egorova D. N., Artemova E. V., Shestakova M. V., Dedov I. I. Trends in the epidemiology of diabetic foot and lower limb amputations in Russian Federation according to the Federal Diabetes Register (2013–2016). *Diabetes mellitus*. 2018;21(3):170–177. <https://doi.org/10.14341/DM9688>
12. Шестакова М.В., Викулова О. К., Железнякова А. В. и др. Эпидемиология сахарного диабета в Российской Федерации: что изменилось за последнее десятилетие? // *Терапевтический архив*. — 2019. — Т. 91. — № 10. — С. 4–13. doi: 10.26442/00403660.2019.10.000364
13. Forsythe R.O., Jones K. G., Hinchliffe R. J. Distal bypasses in patients with diabetes and infrapopliteal disease: technical considerations to achieve success. *Int J Low Extrem Wounds* 2014; 13: 347–362 [PMID: 25123371]
14. Singh S., Armstrong E. J., Sherif W., Alvandi B., Westin G. G., Singh G. D., Amsterdam E. A., Laird J. R. Association of elevated fasting glucose with lower patency and increased major adverse limb events among patients with diabetes undergoing infrapopliteal balloon angioplasty. *Vasc Med* 2014; 19: 307–314 [PMID: 24939930 DOI: 10.1177/1358863X14538330]
15. Гавриленко А.В., Воронов Д. А., Котов А. Э., Лоиков Д. А. Комплексное лечение больных с критической ишемией нижних конечностей в сочетании с сахарным диабетом // *Анналы хирургии*, № 3, 2014
16. Malone M., Lau N. S., White J., Novak A., Xuan W., Iliopoulos J., Crozier J., Dickson H. G. The effect of diabetes mellitus on costs and length of stay in patients with peripheral arterial disease undergoing vascular surgery. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2014; 48: 447–451 [PMID: 25116276 DOI: 10.1016/j.ejvs.2014.07.001]
17. Dick F., Diehm N., Galimanis A., Husmann M., Schmidli J., Baumgartner I. Surgical or endovascular revascularization in patients with critical limb ischemia: influence of diabetes mellitus on clinical outcome. *J Vasc Surg* 2007; 45: 751–761 [PMID: 17306950 DOI: 10.1016/j.jvs.2006.12.022]
18. Awad S., Karkos C. D., Serrachino-Inglott F., Cooper N. J., Butterfield J. S., Ashleigh R., Nasim A. The impact of diabetes on current revascularisation practice and clinical outcome in patients with critical lower limb ischaemia. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2006; 32: 51–59 [PMID: 16488631 DOI: 10.1016/j.ejvs.2005.12.019]
19. Hinchliffe R.J, Andros G., Apelqvist J., Bakker K., Friederichs S., Lammer J., Lepantalo M., Mills J. L., Reekers J., Shearman C. P., Valk G., Zierler R. E., Schaper N. C. A systematic review of the effectiveness of revascularization of the ulcerated foot in patients with diabetes and peripheral arterial disease. *Diabetes Metab Res Rev* 2012; 28 Suppl 1: 179–217 [PMID: 22271740 DOI: 10.1002/dmrr.2249]

© Гавриленко Алесандр Васильевич, Е Хаожань (uehaorandc@gmail.com),
 Сарханидзе Яго Муртазович.
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ДВОЙНОЙ БЛОКАДЫ HER2 РЕЦЕПТОРА В НЕОАДЬЮВАНТНОМ РЕЖИМЕ ПРИ ЛЕЧЕНИИ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В ОТДЕЛЕНИИ ОПУХОЛЕЙ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ГАУЗ «ЧОКЦОИЯМ»

EXPERIENCE IN THE USE OF DOUBLE
BLOCKADE OF THE HER2 RECEPTOR
IN NEOADJUVANT MODE
IN THE TREATMENT OF BREAST CANCER
IN THE DEPARTMENT
OF BREAST TUMORS
OF THE CHELYABINSK REGIONAL
CLINICAL CENTER OF ONCOLOGY
AND NUCLEAR MEDICINE

**A. Korostelev
O. Tereshin
D. Bulynsky
V. Samylov**

Summary. The authors investigated their own experience of using double blockade of the HER2 receptor with the use of Trastuzumab and Pertuzumab in combination with chemotherapy for neoadjuvate therapy of breast cancer in routine clinical practice. The frequency of pathomorphological responses on the RCB scale after radical surgery was determined. In the studied group (N=53), the frequency of complete pathomorphological responses (pCR) was 52.8%. The highest frequency of pCR was registered in the subgroup of the non-luminal HER2 positive subtype of breast cancer. Adverse events in the vast majority of cases were represented by anemia and neutropenia of I–II degrees. Neoadjuvant therapy with the use of double HER2 blockade allows increasing the number of organ-preserving operations in patients with localized forms of breast cancer.

Keywords: breast cancer, neoadjuvant therapy, HER2 receptor, targeted therapy, Trastuzumab, Pertuzumab, residual tumor, mastectomy, organ-preserving treatment.

Коростелев Александр Михайлович

Врач-онколог отделения опухолей молочной железы, ГАУЗ «Челябинский Областной Клинический Центр Онкологии и Ядерной Медицины», г. Челябинск
alexkorostelev.ak@gmail.com

Терешин Олег Станиславович

К.м.н., ГАУЗ «Челябинский Областной Клинический Центр Онкологии и Ядерной Медицины», г. Челябинск
olegter@mail.ru

Булынский Денис Николаевич

К.м.н., доцент, врач-онколог отделения опухолей молочной ГАУЗ «Челябинский Областной Клинический Центр Онкологии и Ядерной Медицины», г. Челябинск
denis.bu@yandex.ru

Самылов Виталий Вадимович

Врач-онколог отделения опухолей молочной железы, ГАУЗ «Челябинский Областной Клинический Центр Онкологии и Ядерной Медицины», г. Челябинск
vsamylov@gmail.com

Аннотация. Исследован собственный опыт применения двойной блокады HER2-рецептора с применением препаратов Трастузумаб и Пертузумаб в комбинации с химиотерапией при неoadьювантной терапии РМЖ в рутинной клинической практике. Определена частоты патоморфологических ответов по шкале RCB после проведения радикального хирургического вмешательства. В исследованной группе (N=53) частота полный патоморфологических ответов (pCR) составила 52,8%. Наибольшая частота pCR зарегистрирована в подгруппе не люминального HER2 положительного подтипа РМЖ. Нежелательные явления в подавляющем большинстве случаев были представлены анемией и нейтропенией I–II степеней. Неoadьювантная терапия с применением двойной HER2-блокады позволяет увеличивать количество органосохранных операций у пациенток с локализованными формами РМЖ.

Ключевые слова: рак молочной железы, неoadьювантная терапия, HER2-рецептор, таргетная терапия, Трастузумаб, Пертузумаб, резидуальная опухоль, мастэктомия, органосохранное лечение.

Введение

Рак молочной железы (РМЖ) занимает первую позицию в структуре онкологических заболеваний среди женщин во всем мире [3]. По данным Всемирной организации здравоохранения во всем мире за 2020 год выявлено более 2 260 000 случаев РМЖ. В России, по данным Каприна А.Д., за 2020 выявлен 64951 случай [1].

Значительное распространение данной нозологии позволило выделить его в ряд социально значимых заболеваний. Так, за 2020 год РМЖ стал причиной более 160000 смертей во всем мире [3].

Целью нашего исследования является определение частоты полных патоморфологических ответов pCR (RCB=0) при использовании двойной HER2 блокады в комбинации с химиотерапией при неoadъювантной терапии HER2 положительного РМЖ в рутинной клинической практике ГАУЗ «ЧОКЦОиЯМ» (Государственное автономное учреждение здравоохранения «Челябинский областной центр онкологии и ядерной медицины» г. Челябинск).

Обзор литературы

Значительные успехи конца 20 и начала 21 века в изучении фундаментальных молекулярно-клеточных и иммунологических процессов, протекающих в злокачественных клетках, позволили выявить ключевые особенности опухолевого метаболизма. Появление препаратов, воздействующих на эти точки, открыло новые перспективы в терапии злокачественных новообразований в целом и создало новое направление в химиотерапии — таргетную терапию.

РМЖ является одним из первых злокачественных новообразований, для которого стали успешно применяются таргетные методы лечения. Наибольшее практическое значение, в настоящий момент имеют: рецептор эстрогена (ER), прогестерона (PR), эпидермального фактора роста 2 типа (HER2) и опухолевый антиген Ki67 [9].

Эндокринная терапия, нацеленная на рецепторы эстрогена (ER) и прогестерона, долгое время была краеугольным камнем подходов к системной терапии РМЖ, положительного по гормональным рецепторам, а открытие гиперэкспрессии рецептора эпидермального фактора роста, 2 типа (HER2) привело к разработке ряда агентов, нацеленных на HER2, которые произвели революцию в лечении РМЖ.

Передовые исследования последних лет, показывают общую тенденцию — наилучшие результаты те-

рапии пациент получает от персонализированного подхода в лечении злокачественного новообразования. Для наиболее эффективного следования данному принципу, была разработана классификация, в основу которой легла степень экспрессии опухолевых маркеров. Данная классификация разделила РМЖ на 5 молекулярно-биологических подтипов: Люминальный А; Люминальный В (HER2 положительный); Люминальный В (HER2 отрицательный); HER2 положительный (не люминальный); Базальноподобный [2].

Гормонотерапия

Воздействие на гормональные рецепторы, присутствующие в некоторых клетках РМЖ, было, по сути, отправной точкой таргетной противоопухолевой терапии. В последние годы огромные исследовательские усилия были направлены на понимание и подавление сигналов роста опухолевых клеток, но связь между эстрогеном и РМЖ известна с конца 19 века [17]. Первое критическое наблюдение, сделанное George Thomas Beatson, заключалось в том, что изменение гормональной среды внутри пациента может привести к благоприятным изменениям в росте опухоли молочной железы и даже к регрессу метастатического заболевания [14].

Эра эмпирического подхода к гормонотерапии рака молочной железы подошла к концу в 60-х годах 20 века. В этот период были обнаружены рецепторы эстрогена на поверхности клеток РМЖ, что объяснило, почему депривация эстрогена и/или блокада рецепторов работают в качестве терапевтического принципа при многих видах рака молочной железы [19].

HER2 рецептор и терапия, направленная на его блокаду

HER2 представляет собой трансмембранный тирозинкиназный рецептор, принадлежащий к семейству EGFR (рецептор эпидермального фактора роста), который экспрессируется в 25–30% случаев рака молочной железы человека [8]. Его уникальной особенностью, которая отличает его от других членов семейства, является отсутствие известного лиганда. Его активность следует за гомо- или гетеродимеризацией с другими членами семейства [26].

Доктор Dennis J Slamon возглавлял группу учёных, которая занималась проблематикой генетических основ онкогенеза. В статье опубликованной в 1987г «Обнаружение амплификации c-erbB-2 при раке молочной железы путем гибридизации in situ», HER2 был идентифицирован как протоонкоген при РМЖ человека [6]. Опухоли со сверхэкспрессией HER2 составляют от 15

до 20% всех опухолей у пациентов с РМЖ. Первоначально экспрессия HER2 рецептора была ассоциирована с неблагоприятным прогнозом для пациента, ввиду отсутствия в арсенале онкологов того времени, препаратов способных воздействовать на данный рецептор. С тех пор произошел переворот в нашем понимании прогностических и терапевтических последствий экспрессии этого онкогена, появилось не менее пяти препаратов, нацеленных на HER2, были одобрены для использования при метастатическом поражении и/или в качестве (нео)адьювантной терапии.

В одном из более ранних подходов к ингибированию HER2 использовались моноклональные антитела против внеклеточного домена, выдающимся примером которых является Трастузумаб, первый моноклональный препарат, одобренное для использования в терапии рака молочной железы [25]. Разработка трастузумаба стала революционной в плане понимания метаболизма опухолевой клетки, в отношении процессов, подконтрольных HER2 рецептору, и в настоящее время является краеугольным камнем лечения HER2-положительного РМЖ, а также отправной точкой в разработке препаратов нового поколения, направленных на внеклеточный домен HER2 рецептора.

В сентябре 2013 года FDA одобрило к использованию Пертузумаб в неоадьювантном режиме для HER2-положительных пациенток. Одобрение было основано на результатах рандомизированного двойного слепого плацебо-контролируемого исследования, проведенного у 808 пациентов с HER2-положительным метастатическим раком молочной железы [10]. Пертузумаб представляет собой рекомбинантное гуманизированное моноклональное антитело, которое нацелено на домен внеклеточной димеризации (субдомен II) белка HER2 и блокирует лиганд-зависимую гетеродимеризацию HER2 с другими членами семейства HER. Ингибирование этих сигнальных путей может привести к остановке роста клеток и апоптозу. Кроме того, данные свидетельствуют о том, что пертузумаб опосредует антителозависимую клеточно-опосредованную цитотоксичность [12;23].

Хотя были описаны и другие анти-HER2-антитела, нацеленные на внеклеточный домен ни одно из них, не было столь успешным для того, чтобы войти в рутинную клиническую практику [4;18;13].

Комбинация трастузумаб + пертузумаб в неоадьювантном режиме

Одним из первых исследований, целью которого, было сравнение эффективности и безопасности комбинации трастузумаб + пертузумаб в качестве первой

линии терапии стало, опубликованное в 2013 году исследование 3 фазы CLEOPATRA. В исследование были включены пациентки с HER2-положительным метастатическим РМЖ. Пациенты были разделены на 2 группы:

- A. Экспериментальная группа пертузумаб + трастузумаб + доцетаксел;
- B. Контрольная группа плацебо + трастузумаб + доцетаксел;

Пациенты получали определенную им терапию до операции каждые 3 недели в течение четырех циклов. После операции пациенты получали три цикла 5-фторурацила, эпирубицина и циклофосфида каждые 3 недели и трастузумаб каждые 3 недели, чтобы завершить 1 год терапии. Пациенты из экспериментальной группы продемонстрировали значительно большую медиану выживаемости без прогрессирования она составила 18,7 месяца, а в группе плацебо 12,4 месяцев. Что соответствует достоверному снижению относительного риска прогрессирования на 31%. Аналогично анализ общей выживаемости был в пользу группы пертузумаба 57,1 месяц, и 40,8 месяцев в группе плацебо, что соответствует достоверному снижению относительного риска смерти на 31% [11].

Достижение полного патоморфологического ответа

В исследовании 2014 NeoSphere анализировались четыре группы неоадьювантного лечения в течение 4 циклов:

- A. Пертузумаб + трастузумаб + доцетаксел;
- B. Пертузумаб + трастузумаб;
- C. Пертузумаб + доцетаксел;
- D. Трастузумаб + доцетаксел.

Первичным оцениваемым параметром являлся полный патоморфологический ответ, также оценивались безопасность терапии и долгосрочные результаты лечения. В исследовании было показано, что добавление пертузумаба к схеме доцетаксел + трастузумаб приводит к увеличению частоты полного патоморфологического ответа с 21,5 до 39,3%. Причем наибольшие различия наблюдались у больных с гормоннезависимыми опухолями — 63,2% в комбинированной группе против 36,8% в группе с трастузумабом. Наибольшая частота объективных ответов также наблюдалась в группе двойной анти-HER2-блокады (88%) [7].

В многоцентровом рандомизированном исследовании, опубликованном в 2013 году, второй фазы TRYPHAENA была оценена переносимость и активность комбинации трастузумаба и пертузумаба. Дополнительными параметрами, которые подвергались оценке, были частота клинического ответа, время до клинического от-

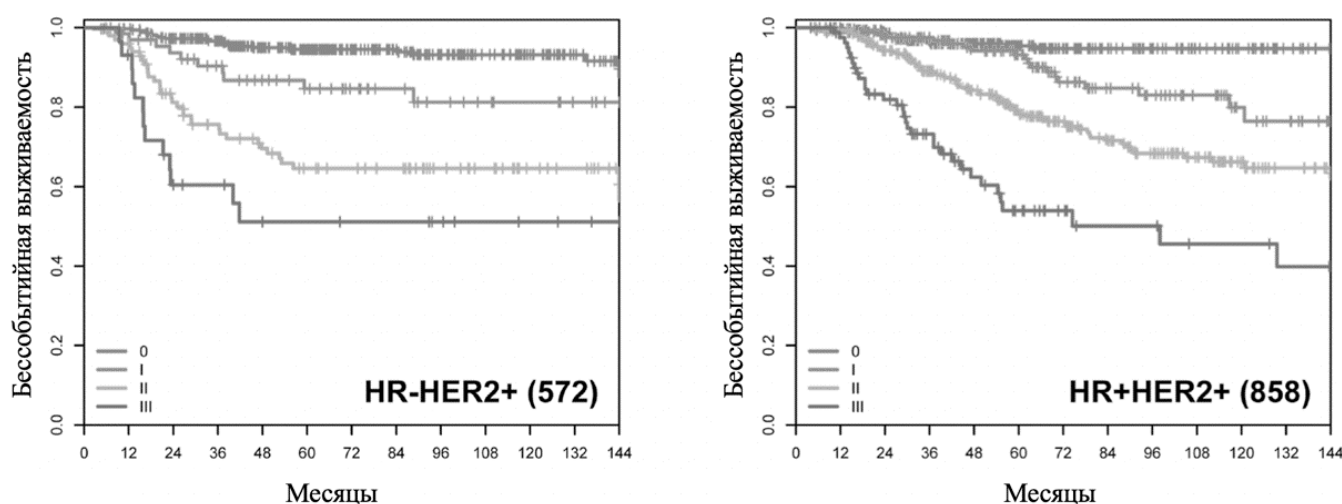


Рис. 1.

вета, частота органосохраняющих операций для пациентов, которым мастэктомия была запланирована до лечения, безрецидивная выживаемость, выживаемость без прогрессирования и общая выживаемость. Пациенты во всех исследуемых группах получали двойную анти-HER2-терапию трастузумабом и пертузумабом:

- А. Одновременно с FEC доцетаксел;
- В. Последовательно, после FEC+доцетаксел;
- С. Одновременно с карбоплатином и доцетакселом.

Результаты данного исследования показали, что в группе двойной анти-HER2-блокады в сочетании с доцетакселом и карбоплатином частота полного ответа составила 83,8%. Наибольшее число случаев полного патоморфологического ответа (pCR) было зарегистрировано среди пациентов в группе С (двойная HER2 блокада одновременно с применением карбоплатина и доцетаксела) и составило 66,2% [16].

В рандомизированном, плацебо контролируемом, исследовании PEONY, опубликованном в 2020, было произведено сравнение частоты полных, патоморфологически подтверждённых, ответов на неoadъювантную химиотерапию, включающую двойную HER2 блокаду. Так, по оценке независимого экспертного комитета частота pCR составила 39,3% в группе пациентов, получающих трастузумаб+пертузумаб в неoadъювантном режиме и 21,8% (24 из 110) в группе трастузумаб + плацебо, при разнице в 17,5% (95% ДИ, 6,9–28,0%; P = 0,001) [8].

Прогностический критерий

Одним из значимых прогностических факторов является объем остаточной опухоли RCB (Residual cancer burden). Его оценку проводят по патоморфологиче-

ским данным при помощи шкалы RCB [21]. Согласно результатам метаанализа опубликованного в 2022 году, наилучшие отдаленные результаты относительно бессобытийной выживаемости в группе HER2 положительного РМЖ имеют пациенты с значениями RCB0 и I, в то время как пациенты RCB которых было равно II и III имеют большие риски их развития. А именно: оценка бессобытийной выживаемости для пациентов в классе RCB-0 составили 91% (90–93) через 5 лет; по сравнению с 86% (84–89) для RCB -I; 74% (72–76) — для RCB -II; и 58% (54–62) для RCB-III (рисунок 1)[20].

Под бессобытийной выживаемостью принято понимать период времени после окончания первичного лечения рака, в течение которого у пациента не развиваются определенные осложнения или события, которые лечение должно было предотвратить или отсрочить.

Материалы и методы

В исследование были включены пациентки с HER положительным РМЖ, проходившие неoadъювантное лечение по схеме Доцетаксел (75 мг/м²) + Карбоплатин (AUC6) + Трастузумаб (6/8 мг/кг) + Пертузумаб (420/840 мг) в онкологическом отделении опухолей молочной железы ГАУЗ «ЧОКЦОиЯМ» и далее подвергшиеся хирургическому вмешательству, набор группы велся с 2019 года и завершился в 2022 году. Для исследования было отобрано 53 пациентки.

Стадирование заболевания проводилось согласно классификации злокачественных опухолей TNM [24].

Тип операции определялся после консультации с пациентом до старта неoadъювантной терапии. При

Таблица 1. Распределение по молекулярно-биологическому подтипу

Характеристика	Число больных n=53	%
Возрастные группы		
Медиана	51	
Моложе 40 лет	6	11,3%
От 40 до 60 лет	40	75,5%
Старше 60 лет	7	13,2%
Менструальный статус		
Пременопауза	20	37,7%
Менопауза	33	62,3%
Размер опухоли		
T1	2	3,8%
T2	28	52,8%
T3	1	1,9%
T4	22	41,5%
Статус лимфоузлов N		
N0	15	28,3%
N1	30	56,6%
N2	1	1,9%
N3	7	13,2%
Клиническая стадия		
IIA	14	26,4%
IIB	13	24,5%
IIIA	1	1,9%
IIIB	1	1,9%
IIIC	7	13,2%
Уровень Ki67		
Более 20%	47	88,7%
Менее 20%	6	11,3%
Определение мутаций		
Всего протестировано	14	26,4%
BRCA1+	1	1,9%
Wild type	13	24,5%
Объем операции		
Радикальная секторальная резекция	15	28,3%
Подкожная мастэктомия	3	5,7%
Мастэктомия	35	66,0%
Клинические группы		
Первично операбельный РМЖ	27	50,9%
Первично не операбельный РМЖ	26	49,1

планировании резекционного органосохраняющего вмешательства для маркирования границ опухолевого ложа и объективной оценки ответа на неоадьювантное лечение производилась установка двух рентгеноконтрастных меток к верхнему и нижнему полюсам опухоли.

Клинический ответ опухоли на проводимое лечение оценивался при физикальном осмотре молочной железы перед каждым циклом терапии. С целью объективизации результатов неоадьювантной терапии после трех и шести циклов пациенткам производились

ультразвуковое исследование (УЗИ) молочной железы и регионарных лимфоузлов, а перед хирургическим вмешательством — рентгенологическое исследование пораженной молочной железы.

Случаев перехода к операции без завершения неоадьювантной химиотерапии и таргетной терапии в данной группе не было. Мастэктомия выполнялась при мультицентричных злокачественных новообразованиях, вовлечении сосково-ареолярного комплекса и отечных формах РМЖ, а также пациенткам, отказавшимся от органосохранного лечения.

Таблица 2. Профиль нежелательных явлений

Нежелательные явления	Число случаев n=37	%
Анемия	15	28,3%
Нейтропения	13	24,5%
Тромбоцитопения	7	13,2%
Тошнота	3	5,7%
Лейкопения	2	3,8%
Диарея	2	3,8%
Печеночная токсичность (повышение печеночных трансаминаз)	2	3,8%
Нейропатия	2	3,8%
АГ	1	1,9%
Рвота	1	1,9%
Головные боли	1	1,9%
Боли в костях	1	1,9%
Непереносимость	1	1,9%

Было проанализировано и вошло в исследование 53 случая. Морфологическая оценка ответа на НАХТ производилась по гистологическим материалам, полученным в ходе хирургического вмешательства, и учитывала оценку остаточной опухолевой нагрузки по шкале RCB (Для подсчёта был использован онлайн калькулятор) [21]. Удовлетворительным прогнозом считались пациентки с со значением RCB=0-I; Неудовлетворительным прогнозом RCB=II-III.

Клиническая характеристика общей выборки

Возраст больных, включенных в наше исследование, составил от 35 лет до 71 года, медиана — 51 год. Большинство пациенток находились в менопаузе (62,3%; n=33).

Чаще всего размер опухоли соответствовал T2 52,8% (n=28). Поражение лимфоузлов встречалось у 71,1% (n=38) пациенток. Отдаленные метастазы не были выявлены ни у одной пациентки, вошедшей в исследуемую группу, при обследовании до начала лечения. У большинства пациенток наблюдалась IIIB клиническая стадия РМЖ — 34,0% (n=18).

Большинство пациенток входили в первично операбельную клиническую подгруппу с IIA; IIB; IIIA стадиями (стадию IIIA имела одна пациентка, у которой при обследовании до начала лечения критерии TNM оценивались как: T3N1M0) 52,8% (n=28).

Исследование на наличие мутаций в генах BRCA 1, CHEK2 проведены у 26,4% (n=14) пациенток, наличия герминальных мутаций не выявлено (wild type) 24,5% (n=13), BRCA1 выявлено у 1,9% (n=1).

При иммуногистохимическом исследовании материала опухолей, полученных при трепан-биопсии, значение Ki-67 было более 20% у подавляющего большинства пациенток, 88,7% (n=47).

Распределение по молекулярно-биологическому подтипу составило: люминальный HER2 положительный подтип 41,5% (n=22); не люминальный HER2 положительный подтип 58,5% (n=31)

Подробная клиническая характеристики общей выборки представлена в таблице 1.

Результаты

Всего за время наблюдения было зарегистрировано 37 случаев нежелательных явлений. Зарегистрированные нежелательные явления не превышали I-II степени согласно критериям оценки степени тяжести нежелательных явлений (CTCAE5 версии), и были успешно консервативно скорректированы, что позволило продолжать лечение [5]. Наиболее часто встречаемыми нежелательными явлениями были анемия 28,3% (n=15) и нейтропения 24,5% (n=13). В одном случае выявлена индивидуальная непереносимость на препарат карбоплатин. Дальнейшее лечение Доцетаксел (75 мг/м²) + Трастузумаб (6 мг/кг (8 мг/кг — нагрузочная доза)) + Пертузумаб (таблица 2).

После проведения неоадьювантной терапии, 66% (n=35) пациенткам была выполнена мастэктомия, 5,7% (n=3) была выполнена подкожная мастэктомия, а в 28,3% (n=15) случаях выполнена радикальная резекция молочной железы.

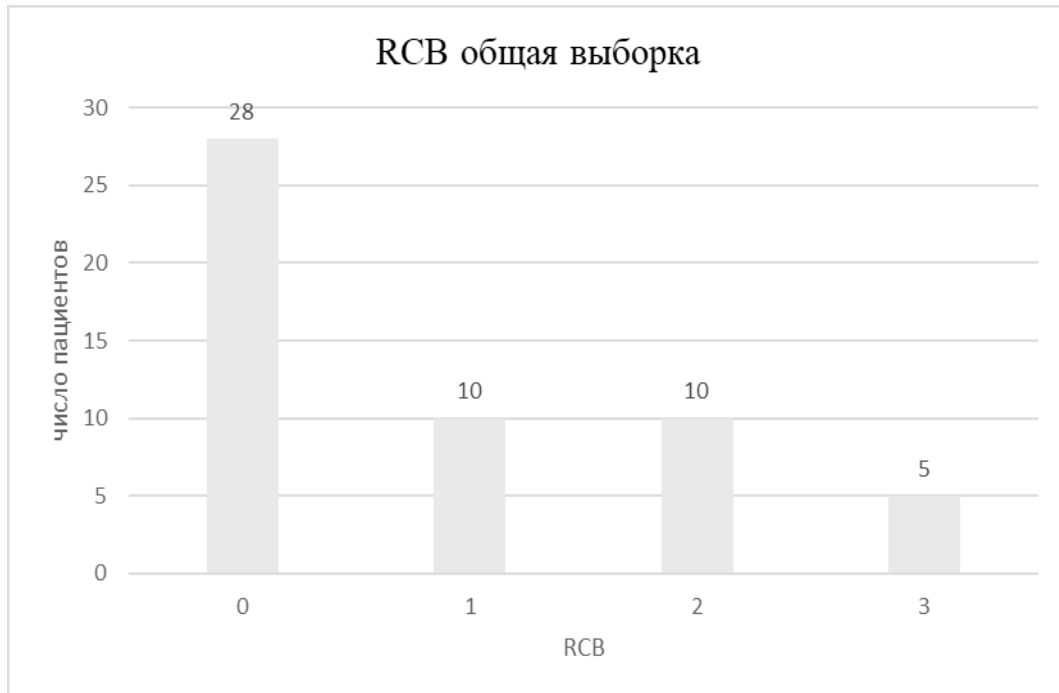


Рис. 2.



Рис. 3.

Патоморфологическая оценка остаточной опухоли

Произведена патоморфологическая оценка наличия резидуальной опухоли по шкале RCB. RCB-0 (pCR) в 52,8% (n=28), RCB I в 18,9% (n=10), RCB II в 18,9% (n=10), RCB III в 9,4% (n=5) случаях (рисунок 2)[20]. Пациенты с удовлетворительным прогнозом 71,7% (n=38); Пациенты с неудовлетворительным прогнозом 28,3% (n=15) (рисунок 3) [20;21].

Подгрупповой анализ

Патоморфологическая оценка наличия резидуальной опухоли по критерию RCB относительно статуса операбельности (рисунок 4):

А. Для пациенток с первично операбельными стадиями (IIA; IIB; IIIA) RCB0 (pCR) в 50,0% (n=14), RCB I в 25,0% (n=7), RCB II в 14,3% (n=4), RCB III в 10,7% (n=3) случаях.

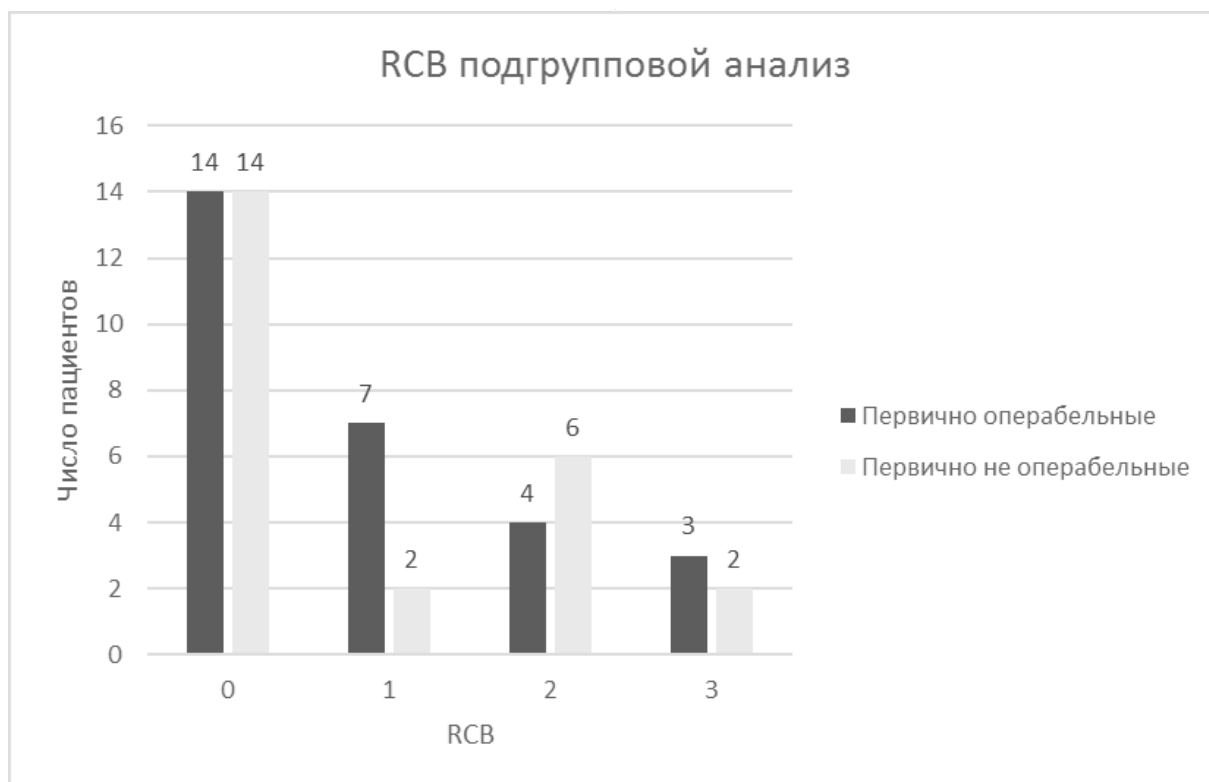


Рис. 4. Подгрупповой анализ RCB в зависимости клинической подгруппы

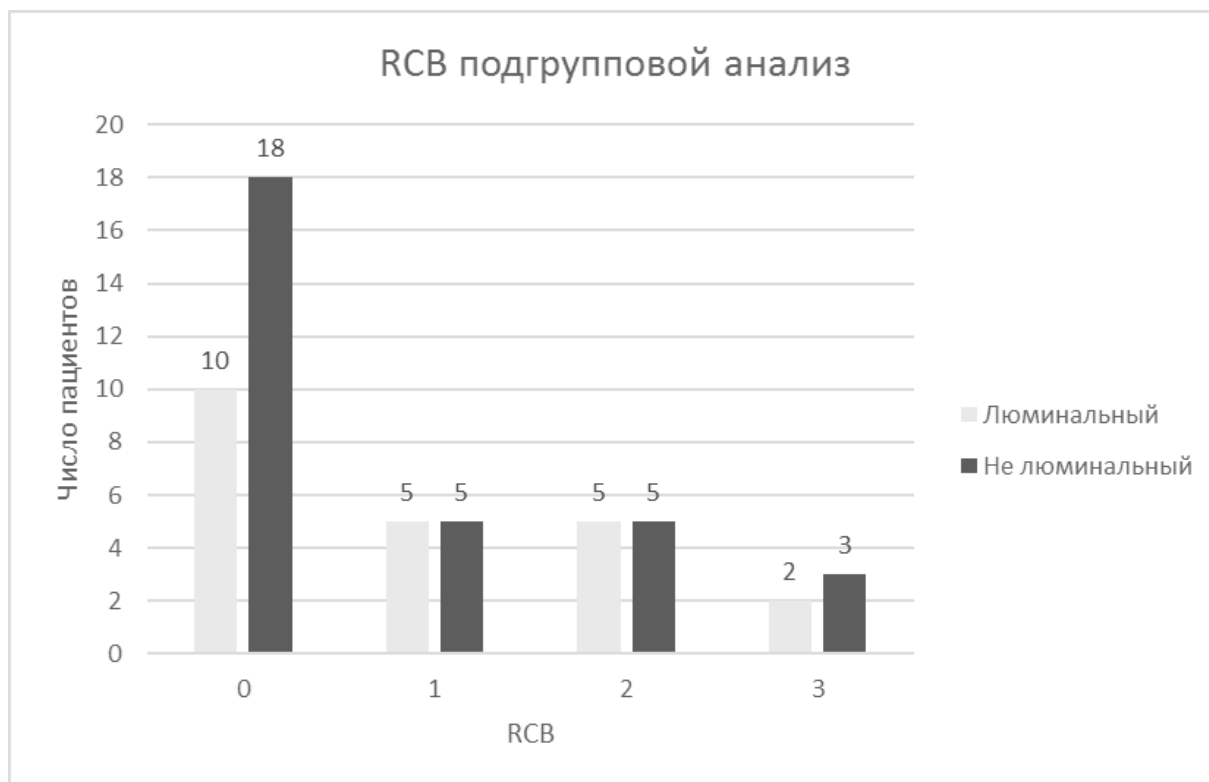


Рис. 5. Подгрупповой анализ RCB относительно молекулярно-биологического подтипа

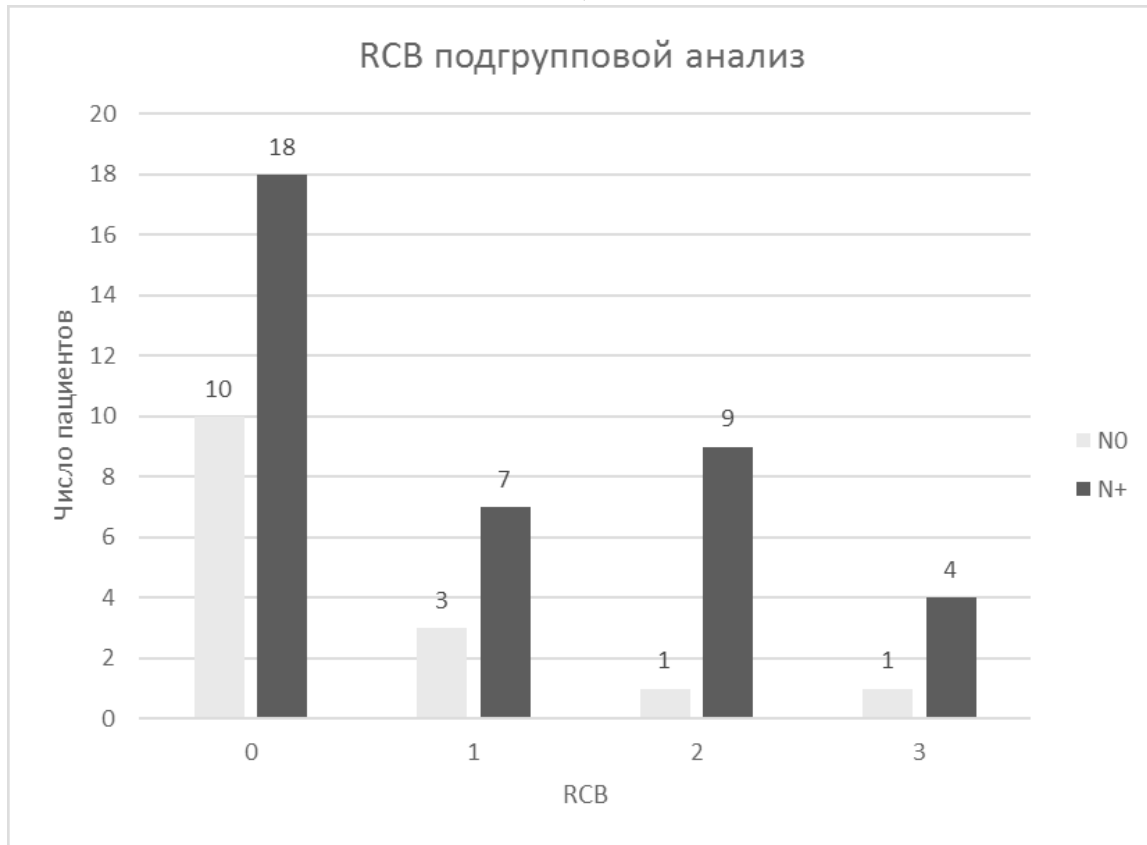


Рис. 6. Подгрупповой анализ RCB относительно статуса поражения лимфоузлов

В. Для пациенток с первично не операбельными стадиями (IIIB; IIIC) RCB0 (pCR) в 56,0% (n=14), RCB I в 8,0% (n=2), RCB II в 24,0% (n=6), RCB III в 8,0% (n=2) случаях.

Патоморфологическая оценка наличия резидуальной опухоли по критерию RCB относительно молекулярно-биологического подтипа (рисунок5):

А. Для люминального HER2 положительного подтипа РМЖ RCB0 (pCR) в 45,5% (n=10), RCB I в 22,7% (n=5), RCB II в 22,7% (n=5), RCB III в 9,1% (n=2) случаях.

В. Для не люминального HER2 положительного подтипа РМЖ RCB0 (pCR) в 58,1% (n=18), RCB I в 16,1% (n=5), RCB II в 16,1% (n=5), RCB III в 9,7% (n=3) случаях.

Патоморфологическая оценка наличия резидуальной опухоли по критерию RCB относительно статуса поражения лимфатических узлов (Рисунок 6):

А. Для пациенток без поражения лимфоузлов (N0) RCB0 (pCR) в 66,7% (n=10), RCB I в 20,0% (n=3), RCB II в 6,7% (n=1), RCB III в 6,7% (n=2) случаях.

В. Для пациенток с поражением лимфоузлов (N1–3) RCB0 (pCR) в 47,7% (n=18), RCB I в 18,4% (n=7), RCB II в 23,7% (n=9), RCB III в 10,5% (n=4) случаях.

Выводы

Полученные нами результаты, согласуются с результатами крупного метаанализа, опубликованного при поддержке FDA в 2014 году, где наиболее высокое число полных патоморфологических ответов наблюдалось среди пациенток не люминальным HER2 положительным молекулярно-биологическим подтипом рака молочной железы [15]. В данном метаанализе, так же производилась оценка корреляции между статусом RCB, общей выживаемостью и выживаемостью без прогрессирования: были сделаны выводы о том, что пациенты, достигшие патологического полного ответа, определяемого как уpT0 уpN0 или уpT0/is уpN0, имели наилучшие показатели общей выживаемости и выживаемости без прогрессирования.

Применение двойной блокады HER2 рецептора в сочетании с химиотерапией позволяют добиться высокой частоты полных патоморфологических ответов (pCR). По нашим результатам частота pCR среди всех пациенток, включенных в исследование и прошедших неоадъювантную терапию по схеме TCHP составила 52,8% (n=28). Пациенты с удовлетворительным прогнозом развития нежелательных событий в отделенном пери-

оде 71,7% (n=38); Пациенты с неудовлетворительным прогнозом развития нежелательных событий в отделенном периоде 28,3% (n=15)

Полный патоморфологический ответ чаще наблюдался среди пациенток с нелюминальным HER2 положительным молекулярно-биологическим подтипом рака молочной железы. pCR в этой подгруппе наблюдался в 58,1% (n=18) случаев. И несколько меньшее число pCR встречалось в подгруппе люминального HER2 положительного подтипа — 45,5% (n=10).

В целом, переносимость неоадьювантной терапии среди всех пациенток, была удовлетворительной. Наиболее высокая частота нежелательных явлений среди пациенток с нелюминальным HER2 положительным молекулярно-биологическим подтипом рака молочной железы. Нежелательные явления наблюдались в 74,2% (n=23) случаев, а среди пациенток с люминальным HER2 положительным молекулярно-биологическим подтипом в 63,6% (n=14) случаев. В течении исследования не наблюдалась ни одного случая нежелательных явлений 4 уровня. Все наблюдаемые, в ходе исследова-

ния нежелательные явления были успешно скорректированы.

Как было показано в ряде исследований, неоадьювантная терапия с применением двойной HER2-блокады, значительно снижает опухолевую нагрузку, что позволяет увеличивать количество органосохраняющих операций у пациенток с локализованными формами РМЖ, а также, в целом, уменьшить объем хирургического вмешательства, снизить хирургическую агрессию, в том числе открыть путь к проведению методики биопсии «сторожевого» лимфоузла [7;8;10;15;16;20;21]. Все эти преимущества позволяют сохранить и, в некоторых случаях, улучшить качество жизни пациенток.

Соответственно, для достижения наибольших успехов в терапии HER2 положительного рака молочной железы (независимо от люминального статуса и местной распространенности процесса) на этапе неоадьювантного лечения совместно с стандартным режимом химиотерапии, следует рассмотреть внедрение в рутинную практику применение двойной HER2 блокады, путём добавления комбинации таргетных препаратов трастузумаба и пертузумаба.

ЛИТЕРАТУРА

1. Злокачественные новообразования в России в 2020 году (заболеваемость и смертность) [Книга] / авт. А.Д. Каприн В.В. Старинский, А.О. Шахзадова. — Москва: МНИОИ им. П.А. Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2021. — стр. 252.
2. Biological subtypes of breast cancer: Prognostic and therapeutic implications [Журнал] / авт. O. Yersal at al. // World Journal of Clinical Oncology. — 2014 г. — стр. 413–424.
3. Cancer today [В Интернете] / авт. Organization World Health. — 19 Август 2022 г. — 19 август 2022 г. — <https://gco.iarc.fr/today/home>.
4. Combination of novel HER2-targeting antibody 1E11 with trastuzumab shows synergistic antitumor activity in HER2-positive gastric cancer [Журнал] / авт. Ko Bong-Kook at al. // Molecular Oncology. — 2015 г. — стр. 398–408.
5. Common Terminology Criteria for Adverse Events (CTCAE) Version 5.0 [Документ] / авт. U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. — 24 Ноябрь 2017 г.
6. Detection of c-erbB-2 amplification in breast cancer by in situ hybridization [Журнал] / авт. K.L. Smith at al. // The Breast. — 1993 г. — стр. 234–238.
7. Efficacy and safety of neoadjuvant pertuzumab and trastuzumab in women with locally advanced, inflammatory, or early HER2-positive breast cancer (NeoSphere): a randomised multicentre, open-label, phase 2 trial [Журнал] / авт. L. Gianni at al. // Oncology. — 2012 г. — стр. 25–32.
8. Efficacy, Safety, and Tolerability of Pertuzumab, Trastuzumab, and Docetaxel for Patients With Early or Locally Advanced ERBB2-Positive Breast Cancer in Asia The PEONY Phase 3 Randomized Clinical Trial [Журнал] / авт. Z. Shao at al. // JAMA oncology. — 2020 г.
9. Evolution of Targeted Therapy in Breast Cancer: Where Precision Medicine Began [Журнал] / авт. J.L. Meisel et al. // ASCO EDUCATIONAL BOOK. — 2018 г. — стр. 78–68.
10. First FDA Approval of Dual Anti-HER2 Regimen: Pertuzumab in Combination with Trastuzumab and Docetaxel for HER2-Positive Metastatic Breast Cancer [Журнал] / авт. G.M. Blumenthal at al. // Clinical Cancer Research. — 2013 г. — стр. 4911–4916.
11. First FDA Approval of Neoadjuvant Therapy for Breast Cancer: Pertuzumab for the Treatment of Patients with HER2-Positive Breast Cancer [Журнал] / авт. A. Laleh at al. // Clinical Cancer Research. — 2014 г. — стр. 5359–5364.
12. Novel anticancer targets: revisiting ERBB2 and discovering ERBB3 [Журнал] / авт. J. Baselga at al. // Nature. — 2009 г. — стр. 463–475.
13. Novel anti-HER2 monoclonal antibodies: synergy and antagonism with tumor necrosis factor- α [Журнал] / авт. C. Cearn at al. // BMC cancer. — 2012 г.
14. On the treatment of inoperable cases of carcinoma of the mamma: suggestions for a new method of treatment, with illustrative cases [Журнал] / авт. G.T. Beatson at al. // Cancer journal (Villejuif). — 1989 г. — стр. 347–350.
15. Pathological complete response and long-term clinical benefit in breast cancer: the CTNeoBC pooled analysis [Журнал] / авт. P. Cortazar at al. // The Lancet. — 2014 г. — стр. 164–172.
16. Pertuzumab plus trastuzumab in combination with standard neoadjuvant anthracycline-containing and anthracycline-free chemotherapy regimens in patients with HER2-positive early breast cancer: a randomized phase II cardiac safety study (TRYPHAENA) [Журнал] / авт. A. Schneeweiss at al. // Annals of Oncology. — 2013 г. — стр. 2278–2284.

17. Primary analysis of PERTAIN: A randomized, two-arm, open-label, multicenter phase II trial assessing the efficacy and safety of pertuzumab given in combination with trastuzumab plus an aromatase inhibitor in first-line patients with HER2-positive and hor [Журнал] / авт. G Arpino at al. // Cancer Research. — 2017 г.
18. Production and Characterization of New Anti-HER2 Monoclonal Antibodies [Журнал] / авт. M. Mahdavi at al. // Monoclonal Antibodies in Immunodiagnosis and Immunotherapy. — 2015 г. — стр. 213–221.
19. Remarks on Oophorectomy in the Treatment of Cancer of the Breast [Журнал] / авт. S. Boyd at al // the british medical journal. — 1988 г. — стр. 257–262.
20. Residual cancer burden after neoadjuvant chemotherapy and long-term survival outcomes in breast cancer: a multicentre pooled analysis of 5161 patients [Журнал] / авт. C. Yau at al. // The Lancet Oncology. — 2022 г. — стр. 149–160.
21. Residual Cancer Burden Calculator [В Интернете] // The University of Texas MD Anderson Cancer Center. — 19 август 2022 г. — август 2022 г. — <http://www3.mdanderson.org/app/medcalc/index.cfm?pagename=jsconvert3>.
22. Studies of the HER-2/neu proto-oncogene in human breast and ovarian cancer [Журнал] / авт. D.J. Slamon at al. // Science. — 1989 г. — стр. 707–712.
23. The HER-2-Targeting Antibodies Trastuzumab and Pertuzumab Synergistically Inhibit the Survival of Breast Cancer Cells [Журнал] / авт. R. Nahta at al. // Cancer Research. — 2004 г. — стр. 2343–2346.
24. TNM Классификация злокачественных опухолей [Книга] / авт. Д.ж.Д. Брайерли М.К. Господарович, К. Виттекинд. — Москва: Логосфера, 2018. — стр. 344.
25. Trastuzumab, a humanized anti-HER2 monoclonal antibody, for the treatment of breast cancer [Журнал] / авт. J. Albanell at al. // Drugs of Today. — 1999 г. — стр. 931.
26. Untangling the ErbB signalling network [Журнал] / авт. Y. Yarden at al. // Nature Reviews Molecular Cell Biology. — 2001 г. — стр. 127–137.

© Коростелев Александр Михайлович (alexkorostelev.ak@gmail.com), Терешин Олег Станиславович (olegter@mail.ru), Булынский Денис Николаевич (denis.bu@yandex.ru), Самылов Виталий Вадимович (vsamylov@gmail.com).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Челябинск

ИЗМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЭНДОТЕЛИЯ У БОЛЬНЫХ ВОЛЧАНОЧНЫМ НЕФРИТОМ, КАК ПРИЗНАК СУБКЛИНИЧЕСКОГО АТЕРОКСКЛЕРОЗА

CHANGES IN THE FUNCTIONAL ACTIVITY OF THE ENDOTHELIUM IN PATIENTS WITH LUPUS NEPHRITIS AS SIGNS OF SUBCLINICAL ATHEROSCLEROSIS

N. Lazareva
O. Bugrova
I. Miroshnichenko
N. Artemova
K. Ivanov
K. Nagornova

Summary. Long-term inflammation in the vascular wall, in systemic autoimmune diseases, including systemic lupus erythematosus, is considered a decisive trigger of cardiovascular events due to changes in the functional activity of the endothelium and proliferation of vascular smooth muscle cells with their subsequent remodeling, leading to atherosclerosis. The aim of the study was to study the frequency and severity of changes in the functional activity of the endothelium as a sign of subclinical atherosclerosis in patients with lupus nephritis. 72 patients with systemic lupus erythematosus, mainly young women aged 36 (26; 47) years without clinical signs of atherosclerosis, were examined. Lupus nephritis was diagnosed in 65% of the examined patients. Population risk factors for cardiovascular diseases and laboratory parameters reflecting inflammatory vascular wall damage and endothelial dysfunction were evaluated. Population risk factors for cardiovascular diseases were significantly more common in patients with lupus nephritis. Endothelial dysfunction was detected in 83% of patients with lupus nephritis, and in 48% in the group without it. Thus, the severity of endothelial dysfunction was greatest in patients with lupus nephritis, compared with patients without it, despite the comparability of the lipid spectrum and other population risk factors. The severity of endothelial dysfunction is associated with the activity of systemic lupus erythematosus and severe organ damage, which is lupus nephritis. A significant increase in the biochemical marker, the von Willebrand factor, indicates deeper functional changes in the vascular wall, giving reason to assume further atherosclerotic lesions.

Keywords: atherosclerosis, lupus nephritis, endothelial dysfunction, systemic lupus erythematosus, risk factors.

Лазарева Наталья Викторовна

Кандидат медицинских наук, доцент, Оренбургский
государственный медицинский университет, Оренбург
Okashechka@yandex.ru

Бугрова Ольга Викторовна

Доктор медицинских наук, профессор, Оренбургский
государственный медицинский университет, Оренбург

Мирошниченко Игорь Васильевич

Доктор медицинских наук, профессор, Оренбургский
государственный медицинский университет, Оренбург

Артемova Наталья Эдуардовна

Кандидат медицинских наук, доцент, Оренбургский
государственный медицинский университет, Оренбург

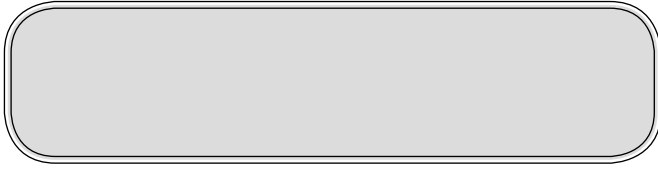
Иванов Константин Михайлович

Доктор медицинских наук, профессор, Оренбургский
государственный медицинский университет, Оренбург

Нагорнова Ксения Александровна

Кандидат медицинских наук, доцент, Северо-
западный государственный медицинский университет
имени И.И. Мечникова, Санкт-Петербург

Аннотация. Длительно существующее воспаление в сосудистой стенке, при системных аутоиммунных заболеваниях, в том числе и системной красной волчанке, считается решающим триггером сердечно-сосудистых событий из-за изменения функциональной активности эндотелия и пролиферации гладкомышечных клеток сосудов с последующим их ремоделированием, приводящее к атеросклерозу. Цель исследования — изучить частоту встречаемости и выраженность изменений функциональной активности эндотелия, как признака субклинического атеросклероза у больных волчаночным нефритом. Обследованы 72 больных системной красной волчанкой, преимущественно женщин молодого возраста 36 (26; 47) лет без клинических признаков атеросклероза. Волчаночный нефрит диагностирован у 65% обследованных больных. Оценивали популяционные факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний и лабораторные параметры, отражающие воспалительное поражение сосудистой стенки, эндотелиальную дисфункцию. У больных волчаночным нефритом достоверно чаще встречались популяционные факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний. Эндотелиальная дисфункция была выявлена у 83% больных волчаночным нефритом, и у 48% в группе без него. Таким образом, степень тяжести эндотелиальной дисфункции была наибольшей у больных волчаночным нефритом, по сравнению с пациентами без него, несмотря на сопоставимость по липидному спектру и другим популяционным факторам риска. Степень тяжести эндотелиальной дисфункции ассоциируется с активностью системной красной волчанки и тяжелым органом поражением, каковым и является волчаночный нефрит. Достоверное повышение биохимического маркера — фактора фон Виллебранда, свидетельствует о более глубоких функциональных изменениях



Несмотря на достигнутый прогресс в лечении системной красной волчанки (СКВ) и связанных с ней сопутствующих осложнений, одной из основных причин летальности, которая продолжает оставаться на достаточно высоком уровне по сравнению с общей популяцией, являются сердечно-сосудистые катастрофы, обусловленные ранним развитием атеросклеротического поражения сосудов [1, 2]. По данным литературы, риск развития инфаркта миокарда при СКВ в 5–9 раз выше, чем в общей популяции, у молодых женщин — более чем в 50 раз [3]. Персистирующее воспаление в сосудистой стенке, при системных аутоиммунных заболеваниях, в том числе и СКВ, считается решающим триггером сердечно-сосудистых событий из-за эндотелиальной дисфункции (ЭД) и пролиферации гладкомышечных клеток сосудов с последующим их ремоделированием, приводящие к атеросклерозу [Liuzzo G, 2000, Agca R, 2017], [4]. Убедительно показано, что возникновение нарушения функции эндотелия, как отражение низкой растяжимости сосудов вследствие более высокой жесткости сосудистой стенки, знаменует раннюю стадию атерогенеза [Masoud M, 2004]. В ряде исследований подчеркивается важная роль традиционных факторов риска в развитии атеросклероза у пациентов с СКВ, в частности волчаночным нефритом (ВН) [3, 5]. Тем не менее, при исключении этих факторов риск атеросклеротического поражения сосудов при данном заболевании остается высоким. Это дает основание предположить, что факторы, обусловленные самим заболеванием, вносят существенный вклад в ускоренное развитие атеросклероза и его осложнений. В единичных работах показана тесная взаимосвязь нарушения функции эндотелия с дислипидемией (ДЛП) и некоторыми параметрами течения СКВ. Однако на сегодняшний день остается открытым вопрос наиболее значимых факторов, способствующих развитию ЭД у больных волчаночным нефритом.

Цель исследования

Изучить частоту встречаемости и выраженность изменений функциональной активности эндотелия, как признака субклинического атеросклероза у больных волчаночным нефритом.

Материалы и методы

Обследованы 72 больных с достоверным диагнозом СКВ без клинических и морфологических признаков

сосудистой стенки, дающих основание предполагать о ее дальнейших атеросклеротических поражениях.

Ключевые слова: атеросклероз, волчаночный нефрит, эндотелиальная дисфункция, системная красная волчанка, факторы риска.

атеросклероза любой локализации. Диагноз верифицировали на основании критериев EULAR/ACR, 2019 года [6]. Среди обследованных больных преобладали женщины (94%), средний возраст составил 36 (26; 47) лет, давность болезни — 72 (36; 144) месяца. Среднее значение индекса активности SLEDAI-K2 составило 9 (6; 16) баллов, индекса повреждения — SLICC/ACR — 1 (1; 2) балл.

Волчаночный нефрит диагностирован у 47 (65%) обследованных пациентов СКВ. В группу больных с волчаночным нефритом вошли половина пациентов с нефротическим синдромом, остальные пациенты имели значимую протеинурию от 1 грамма до нефротического уровня и/или гематурию (таблица 1). По данным таблицы видно, что пациенты с ВН имели большую давность заболевания, равно, как и степень активности по SLEDAI-K2 (соответственно, 114 (60; 180), 36 (21; 101) месяцев и 12 (6; 9), 7,5 (6; 14) баллов). По уровню липидного спектра, и по остальным, популяционным факторам, включая, факторы курения, окружность талии, ИМТ, уровень АД они были сопоставимы. И даже более того, у пациентов с ВН не было преобладающей гиперхолестеринемии, что в общем то, отражает особенность нефротического синдрома в условиях СКВ. Контроль составили 15 практически здоровых лиц, сопоставимых с пациентами СКВ.

Исследование выполнялось в соответствии с принципами Хельсинкской декларации (2013). Работа была одобрена локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО ОРГМУ Минздрава России (протокол № 285 от 23.11.21 г). Необходимым условием для включения пациента в исследование было подписанное информированное согласие.

Помимо общепринятого лабораторного, инструментального обследования для больных СКВ [7] в сыворотке крови определяли фактор фон Виллебранда (ФФВ), уровень высокочувствительного С-реактивного белка (вч-СРБ), Д-димера (иммунотурбидиметрическим методом) и фибриногена (клотинговым методом). Оценивали популяционные факторы риска ССЗ [8] наличие артериальной гипертензии (АГ), фактор курение, окружность талии, индекс массы тела (ИМТ), отягощенный семейный анамнез по ССЗ, липидный профиль, включавший определение уровня общего холестерина (ОХС), триглицеридов (ТГ), холестерина липопротеидов

Таблица 1. Общая характеристика пациентов СКВ в зависимости от наличия волчаночного нефрита

Показатель	Больные с ВН (n=47) Me (ИИ)	Больные без ВН (n=25) Me (ИИ)	Контроль (n=15) Me (ИИ)
Возраст, лет	36 (29; 47)	34 (24; 45)	43 (39; 48)
Давность СКВ, месяцы	114 (60; 180) ©	36 (21; 101)	-
Активность по SLEDAI-K2, баллы	12 (6; 9) ©	7,5 (6; 14)	-
Окружность талии, см	88 (74; 98)	83 (69; 90)	79 (68; 86)
ИМТ	34 (28; 41)	32 (26; 34)	30 (24; 32)
АД сист., мм.рт.ст.	165 (149; 171)	153 (141; 167)	131 (110; 135)
АД диаст., мм.рт.ст.	102 (89; 110)	95 (90; 105)	90 (81; 95)
ТИМ, см	0,6 (0,5; 0,8) *	0,6 (0,5; 0,7)	0,5 (0,4; 0,7)
ОХС, ммоль/л	5,3 (4,7; 6,3) *©	5,8 (5; 6,9) *	4,3 (4; 4,7)
ТГ, ммоль/л	1,3 (1; 2,1) *	1,3 (0,8; 1,5) *	1,2 (0,9; 1,5)
ХС ЛВП, ммоль/л	1,4 (1,2; 1,9)	1,5 (1,3; 1,7)	1,6 (1,5; 1,8)
ХС ЛНП, ммоль/л	5 (4,4; 6,2) *©	5,2 (4; 6) *	4,8 (4; 5,2)
КА, усл. ед.	2,5 (1,8; 3,5)	2,7 (1,7; 3,7)	1,7 (1,5; 2,4)

Примечание: * — $p < 0,05$ (достоверность различия с контрольной группой при использовании U-критерия Манна-Уитни);

© — $p < 0,05$ при сравнении с группой больных без ВН по U-критерию Манна-Уитни.

высокой плотности (ХС ЛВП), холестерина липопротеидов низкой плотности (ХС ЛНП) биохимическим способом по стандартной методике. Коэффициент атерогенности (КА) рассчитывали по формуле А.Н. Климова: $КА = (ОХС - ХС ЛВП) / ХС ЛВП$. ИМТ, как фактор риска ССЗ, оценивали исходя из современных зарубежных и отечественных рекомендаций подтверждающих, что значения (окружности талии у мужчин ≥ 94 см, у женщин ≥ 80 см) у лиц европеоидной расы с ИМТ $\geq 25,0$ кг/м² соответствует диагностическим критериям абдоминального ожирения и повышенному риску сердечно-сосудистых событий [9]. Для уточнения состояния сонных артерий и измерения толщины комплекса интима-медиа (ТИМ) проводили ультразвуковое сканирование сосудов на аппарате «Aplio XG» («Toshiba», Япония). Атеросклеротическое поражение сосудов оценивали по значению ТИМ сонных артерий в виде утолщения $\geq 0,9$ мм и обнаружению атеросклеротической бляшки — по локальному увеличению $\geq 1,2$ мм. Эндотелиальную дисфункцию устанавливали ультразвуковым методом D.S. Celermajer и соавт. (1992) [10, 11] с оценкой эндотелийзависимой вазодилатации (ЭЗВД) и эндотелийнезависимой вазодилатации (ЭНВД) на плечевой артерии на аппарате «Aplio XG» («Toshiba», Япония). Для измерения диаметра сосуда использовались высокочастотные линейные датчики 7–12 МГц ультразвукового сканера «Aplio XG» («Toshiba», Япония). По общеизвестным формулам определяли реакцию плечевой артерии на усиление кровотока после реактивной гиперемии ЭЗВД%, оценивали в процентном соотношении к исходным и скоростные показатели Vs% и Vd%. Нормальной реакцией плечевой артерии считали увеличение ее дилатации на 10% от исходного

диаметра [10]. Пробу ЭНВД проводили через 15 минут после реактивной гиперемии, в качестве стимула использовали сублингвально нитроглицерин в дозе 0,5 мг. Степень прироста диаметра плечевой артерии при ЭНВД у здоровых лиц составила в среднем 14–17% [10]. Степень тяжести ЭД была оценена по классификации, предложенной Зеленовой Н.В. [11].

Статистическая обработка полученных результатов проведена с использованием пакета прикладных программ Statistica — 12.0. При отличии распределения количественного признака от симметричного, центральная тенденция описывалась с помощью медианы (Me). Вариабельность признаков определялась с помощью интерквартильного интервала Me (25-й; 75-й перцентили). Для анализа качественных данных применяли простой подсчет абсолютных и относительных частот. При отличии распределения от нормального для сравнения двух независимых групп применялся критерий Манна — Уитни. Качественные показатели сравнивали по критерию Хи-квадрат. Взаимосвязь между признаками определялась с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Различия считались достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Анализ популяционных факторов риска у обследованных пациентов с ВН показал, что у 65% присутствовала АГ, 8% — отягощенная наследственность по ССЗ, 4% — курение, 45% женщин — окружность талии > 80 см и у 64% — ДЛП.

Таблица 2. Показатели эндотелийнезависимой функции эндотелия у больных СКВ

Показатель	Группа исследования		
	Больные с ВН (n=47)	Больные без ВН (n=25)	Контроль (n=15)
D ПА с НГ исх., см, Ме (ИИ)	3,4 (2,9; 3,9) *	4 (3,5; 4,3) *	4,8 (3,5; 5)
D ПА с НГ (ЭНВД) через 1 мин. см, Ме (ИИ)	3,9 (3; 4,1) *	4,1 (3,9; 5) *	5,9 (4,7; 6,3)
%, Ме (ИИ)	6,7 (3,7; 11,4) *	9 (2,6; 12,6) *	21,7 (20,9; 25,8)
D ПА с НГ (ЭНВД) через 5 мин., см, Ме (ИИ)	4,4 (4; 5,7) *	5,4 (4,2; 7) *	19 (15; 27)
%, Ме (ИИ)	6,5 (1,2;8,9) *	7,3 (1,8; 12,3) *	7,7(0; 15,4)

Примечание: * — $p < 0,05$ (достоверность различия с контрольной группой при использовании U-критерия Манна-Уитни);

Таблица 3. Биохимические маркеры поражения сосудистой стенки у больных СКВ

Показатель	Больные с ВН (n=47) Ме (ИИ)	Больные без ВН (n=25) Ме (ИИ)	Контроль (n=15) Ме (ИИ)
вч-СРБ, мг/л	2,8 (1,1; 11,8)	1,2 (0,7; 6)	0,8 (0,3; 1,6)
Фибриноген, мг/дл	299,5 (246;373)	288 (222; 359)	214 (207; 254)
ФВ,%	176 (150;222) *©	172 (128; 236) *	68 (56; 81)
Д-димер, мкг/дл	0,68 (0,2; 1,8) *©	0,3 (0,2; 0,8) *	0,2 (0,1; 0,3)

Примечание: * — $p < 0,05$ (достоверность различия с контрольной группой при использовании U-критерия Манна-Уитни);

© — $p < 0,05$ при сравнении с группой больных без ВН по U-критерию Манна-Уитни.

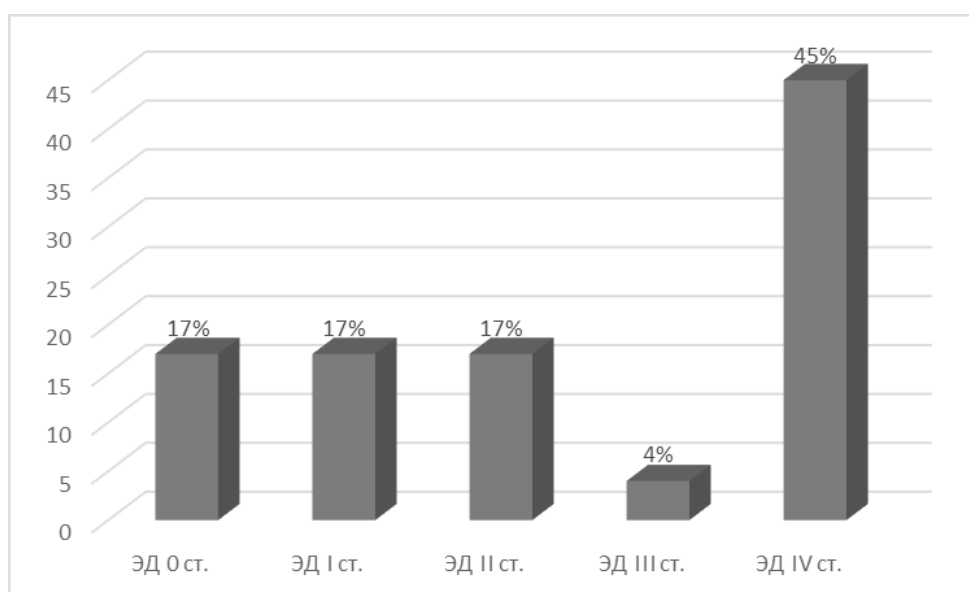


Рис. 1. Частота встречаемости ЭД у больных волчаночным нефритом.

ЭД была выявлена у 39 (83%) больных ВН, и у 12 (48%) в группе без ВН. С учетом классификации ЭД, предложенной Зеленовой Н.В. (2009), все пациенты с ВН, в зависимости от показателей манжеточной пробы, были распределены на 5 групп. Большее количество пациентов с ВН имели самую тяжелую степень ЭД, характеризующейся парадоксальной вазоконстрикторной реакцией, при которой прирост диаметра плечевой артерии был менее 2% (рис. 1).

Исходный просвет плечевой артерии в диастолу был достоверно снижен по сравнению с контролем в обеих группах и составил в группе с ВН 3,4 (2,9;3,9) см, в группе без ВН — 4,0 (3,5;4,3) см. В контрольной группе данный показатель равен 4,8 (3,5;5) (р < 0,05). При проведении пробы с реактивной гиперемией на 1 минуте также отмечена достоверно меньшая максимальная вазодилатация в группах с ВН и без него по сравнению с контролем. (соответственно 6,1 (1;9,2)%, 6,4 (2;12,3)%, 12,7 (11,9; 14,3)%). Однако между собой, в исследуемых группах, достоверной разницы нами получено не было.

Далее мы рассмотрели потенциальную возможность ответа сосуда на стимуляцию. Больным был дан нитроглицерин в дозе 0,5 мг. По результатам пробы было получено, что у больных с ВН и без него, диаметры и % прироста плечевых артерий исходно и на 5 минуте после пробы, были значимо меньше, чем в контрольной группе (таблица 2). Причём у больных с ВН данные показатели были наименьшими.

Что касается скорости кровотока, при оценке ЭЗ и ЭНВД, показатели систолической (V_s) и диастолической (V_d) скорости кровотока исходно, на 1 и 5 минутах имели тенденцию к снижению в исследуемых группах, по сравнению с контролем с наименьшими показателями в группе больных с ВН (38,2 (27;49) см/с, 43 (35;59) см/с и 10 (7;14) см/с, 13 (11,3;17,2) см/с соответственно),

Таким образом, мы видим, что ЭД была более выражена, и более тяжела в группе с ВН. Для объяснения этого факта в силу того, что группы были сопоставимы по популяционным факторам риска, мы оценили лабораторные параметры, свидетельствующие о воспалительном поражении сосудистой стенки (таблица 3). При этом оказалось, что у пациентов с ВН уровни этих параметров, включая, высокочувствительный СРБ, уровень фибриногена, особенно, фактора фон Виллебранда и Д-димера были достоверно хуже, чем у пациентов без ВН, что свидетельствовало о более тяжелом морфологическом поражении сосудистой стенки.

Полученные нами данные подтверждают данные литературы [12, 13] о том, что персистирующее воспаление сосудистой стенки, характерное для больных СКВ, в частности ВН приводит к ее утолщению, изменению реактивности и нарастанию жесткости. На данном этапе, эти изменения приводят к нарушению функциональной активности сосудистой стенки и имеют исключительно, субклинический характер, не давая явных признаков ишемии или, скажем, язвенно-некротического васкулита. Но дают достаточно четкие основания предполагать о дальнейших ее атеросклеротических изменениях.

Заключение

Степень тяжести эндотелиальной дисфункции была наибольшей у больных волчаночным нефритом, по сравнению с пациентами без него, несмотря на сопоставимость по липидному спектру и другим популяционным факторам риска. Она ассоциируется с активностью системной красной волчанки и тяжелым органом поражением, каковым и является волчаночный нефрит. Достоверное повышение биохимического маркера — фактора Виллебранда, свидетельствует о более глубоких функциональных изменениях сосудистой стенки, дающих основание предполагать о ее дальнейших атеросклеротических поражениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Насонов Е.Л., Попкова Т.В., Новикова Д.С. Сердечно-сосудистая патология при ревматических заболеваниях // Терапевтический архив. 2016. № 5. С. 4–12.
2. Meyer P., Anderson R., Ker J., Ally M. Rheumatoid arthritis and risk of cardiovascular disease // J Africa Cardiovasc. 2018. № 29. p. 317–321.
3. Sharma S., Rathi M., Sahoo S., Prakash M., Dhir V. Assessment of premature atherosclerosis in systemic lupus erythematosus patients with and without nephritis // J. Lupus. 2016. 25(5). p. 525–531.
4. Ridker P. From C-reactive protein to interleukin-6 to interleukin-1: Moving upstream to identify novel targets for atheroprotection // Circ Res. 2016. № 118(1). p. 145–156.
5. Попкова Т.В., Новикова Д.С. Кардиоваскулярная патология у больных ревматоидным артритом: в кн. / Ревматология. Российские клинические рекомендации. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. С. 321–340.
6. Aringer M., Costenbader K., Daikh D., Brinks R., Mosca M., Ramsey-Goldman R et al. 2019 European League Against Rheumatism/American College of Rheumatology classification criteria for systemic lupus erythematosus // Ann Rheum Dis. 2019. 78(9). p. 1151–1160.
7. Российские клинические рекомендации. / Ревматология; под ред. Е.Л. Насонова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. 448 с.

8. Барбараш О.Л., Карпов Ю.А., Кашталап В.В., Бощенко А.А., Руда М.М. Стабильная ишемическая болезнь сердца. Клинические рекомендации 2020 // Российский кардиологический журнал. 2020. Т 25. № 11. С. 201–251.
9. Дедов И.И., Шестакова М.В., Мазурина Н.В. с соавтр. Междисциплинарные клинические рекомендации «Лечение ожирения и коморбидных заболеваний» // Ожирение и метаболизм. 2021. Т 18. N1. С. 5–9.
10. Celermajer D.S., Sorensen K.E., Cooh V.M., Spiegelhalter D., Miller O., Sullivan I et al. Non-invasive detection of endothelial dysfunction in children and adult at risk of atherosclerosis // Lancet. 1992. № 340. p. 1111–1115.
11. Зеленева Н.В. Ультразвуковая диагностика нарушений функции эндотелия и особенности изменений сосудистого русла у больных ревматоидным артритом и системной красной волчанкой: 14.00.19: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук: / Зеленева Наталья Викторовна. М., 2009. 22 с.
12. Liuzzo G., Goronzy J.J., Yang H., Kopecky S.L., Holmes D.R., Frye R.L. et al. Monoclonal T-cell proliferation and plaque instability in acute coronary syndromes // Circulation. 2000. 101. p. 2883–2891.
13. Agca R., Heslinga S.C., Rollefstad S., Heslinga M., McInnes I.B., Peters M.L. et al. EULAR recommendations for cardiovascular disease risk management in patients with rheumatoid arthritis and other forms of inflammatory joint disorders: 2015/2016 update // Ann Rheum Dis. 2017. 76. p. 17–28.

© Нагорнова Ксения Александровна (Okashechka@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Оренбург

РЕАКЦИИ СОСУДИСТО-ТРОМБОЦИТАРНОГО ГЕМОСТАЗА В УСЛОВИЯХ ГИПЕРТЕНЗИИ В ЗАБРЮШИННОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПРИ ХИРУРГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЯХ

REACTIONS OF VASCULAR-PLATELET HEMOSTASIS IN CONDITIONS OF HYPERTENSION IN THE RETROPERITONEAL SPACE DURING SURGICAL OPERATIONS

**Yu. Lobanov
K. Shapovalov
S. Lobanov
L. Lobanov**

Summary. Retroperitoneal access with minimally invasive interventions in the retroperitoneal space has been actively developing in recent years. This requires the creation and maintenance of a retroperitoneum with the inevitable compression of surrounding tissues and cavities. The pathophysiological reactions that occur in this case require study. A special place is occupied by the possible risk of thromboembolic complications.

The purpose of the study. To study the effect of retroperitoneal space compression on individual hemostasis links.

Material and methods. Studies were conducted in 48 patients operated on for kidney cysts using retroperitoneal access with various compression modes. Spontaneous and induced platelet aggregation, as well as the level, rate and degree of aggregation were studied. Along with this, the parameters of coagulograms before and after surgery were studied.

Results and conclusion. Compression above 12 mm Hg. Art. revealed an increase in spontaneous platelet aggregation by 18%, an increase in the level of induced aggregation by 11% (0.044322), while the degree of aggregation of induced aggregation increased by 14% ($p = 0.012564$). Under the influence of the selected retroperitoneum regimen, a reduction in the time of induced aggregation by 10% ($p = 0.012564$) was observed, in turn, the rate of induced aggregation was increased by 13% ($p = 0.004821$).

The obtained changes in the aggregation properties of platelets demonstrate an increase in their activity in response to the creation of artificial cavities that maintain pressure due to the injected gas in the retroperitoneal space above 12 mm Hg. Art. At pressures below 12 mm Hg. Art. no changes in vascular-platelet hemostasis were detected.

Лобанов Юрий Сергеевич

К.м.н., ФГБОУ ВО «Читинская государственная
медицинская академия», Чита
yurilobanov@mail.ru

Шаповалов Константин Геннадьевич

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Читинская
государственная медицинская академия», 672000 Чита
shkg26@mail.ru

Лобанов Сергей Леонидович

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Читинская
государственная медицинская академия», 672000 Чита
slobanov15@mail.ru

Лобанов Леонид Сергеевич

К.м.н., зам. главного врача по хирургии городской
клинической больницы № 1. 672039 г. Чита
leonid.lobanov74@mail.ru

Аннотация. Активное развитие в последние годы получил ретроперитонеальный доступ при малоинвазивных вмешательствах в забрюшинном пространстве. При этом требуется создание и поддержание ретроперитонеума, с неизбежной компрессией окружающих тканей и полостей. Возникающие при этом, патофизиологические реакции требуют изучения. Особое место занимает возможный риск тромбозомболических осложнений.

Цель работы: Изучить влияние компрессии забрюшинного пространства на отдельные звенья гемостаза.

Материал и методы. Исследования проведены у 48 больных, оперированных по поводу кист почек с помощью ретроперитонеального доступа при разных режимах компрессии. Изучали спонтанную и индуцированную агрегацию тромбоцитов, а также уровень, скорость и степень агрегации. Наряду с этим изучали показатели коагулограмм до и после операции.

Результаты и заключение. При компрессии выше 12 мм рт.ст. выявлено увеличение спонтанной агрегации тромбоцитов на 18% увеличению уровня индуцированной агрегации на 11% (0.044322), при этом степень агрегации индуцированной агрегации увеличивалась на 14% ($p = 0.012564$). Под действием выбранного режима ретроперитонеума происходило сокращение времени индуцированной агрегации на 10% ($p = 0.012564$), в свою очередь скорость индуцированной агрегации возрастала на 13% ($p = 0.004821$).

Полученные изменения агрегационных свойств тромбоцитов демонстрируют увеличение их активности в ответ на создание искусственной полости с поддержанием давления за счёт инсуфлируемого газа в забрю-

Keywords: retroperitoneum, hemostasis, platelet aggregation, compression.

Введение

Современная малоинвазивная хирургия забрюшинного пространства развивается высокими темпами. Большая часть операций по-прежнему выполняется трансперитонеальным методом, который имеет ряд преимуществ перед внебрюшинными методами, такими как достаточно большое операционное поле, отсутствие ограничений в движении инструментов, более четкая визуализация [1,2]. Вместе с этим внебрюшинные ретроперитонеоскопические методы оперативного лечения имеют ряд позитивных особенностей, таких как практически полное отсутствие контакта с органами брюшной полости, и ближайший доступ к месту вмешательства, меньшая частота абдоминальных осложнений [3,4,5]. При ретроперитонеоскопии создается искусственная газовая подушка — ретропневмоперитонеум (РПП), в забрюшинном пространстве, в которой осуществляются хирургические манипуляции. Создание искусственной полости в забрюшинном пространстве с последующим поддержанием в ней заданного давления за счет инсuffляции углекислого газа, может нести ряд негативных эффектов в том числе системного характера, что ранее достаточно подробно изучено при лапароскопических операциях [6]. Вместе с развитием ретроперитонеальных технологий возникают вопросы, связанные с безопасностью данных вмешательств. В частности, малоизучены проблемы тромбоэмболических осложнений (ТЭО) [7]. В ранее проведенных исследованиях, нами установлено, что длительная компрессия тканей, создаваемая в брюшной полости, приводит к заметным нарушениям микроциркуляции, [8]. Как известно, венозный тромбоз может возникнуть при нарушении кровообращения (застой крови), повреждении эндотелия сосудистой стенки, повышенной способности крови образовывать тромбы (гиперкоагуляция и ингибирование фибринолиза), а также при сочетании этих причин [9]. В связи с этим, изучение особенностей влияния гипертензии, возникающей при операциях в забрюшинном пространстве, на различные звенья гемостаза, является актуальным.

Цель исследования

Изучить влияние искусственной компрессии забрюшинного пространства на различные звенья гемостаза.

шинном пространстве выше 12 мм рт ст. При давлении ниже 12 мм рт.ст. изменений сосудисто-тромбоцитарного гемостаза не выявлено.

Ключевые слова: ретропневмоперитонеум, гемостаз, агрегация тромбоцитов, компрессия.

Материалы и методы

Обследовано 48 пациентов, оперированных по поводу кисты правой почки. В группу исследования включены женщины от 32 до 59 лет. Критериями включения было отсутствие тяжелой сопутствующей патологии, операционно-анестезиологический риск ниже II класса по ASA, отсутствие признаков варикозной болезни, отсутствие необходимости постоянного приема антикоагулянтов и дезагрегантов, а также отсутствие в последние 6 месяцев приема гормональных контрацептивов. Пациенты оперировались по поводу кист правой почки с использованием эндотрахеального наркоза. Положение пациента на операционном столе лежа на здоровом боку, нижняя конечность на здоровой стороне согнута, со стороны операции прямая. Операционный стол имеет излом в 15° в области поясницы что позволяет несколько расширить зону вокруг почки. Доступ производится у кончика 12 ребра, длиной 2–2,5 см, послойно раздвигаются поясничные мышцы, до клетчатки, затем производится пальцевая диссекция, после чего устанавливается баллон диссектор, осуществляется наполнение баллона примерно 1,8–2,0 л воздуха, после чего баллон удаляется и устанавливаются два дополнительных троакара. Операция производится с использованием биполярной коагуляции. После введения пациента в наркоз и укладки на операционном столе, перед началом операции проводили забор крови из локтевой вены, второй раз кровь забирали после удаления газа из забрюшинного пространства.

Выделены две группы пациентов сопоставимые по возрастным, конституциональным характеристикам, а также по длительности оперативного вмешательства.

1 группа отличалась тем, что уровень давления РПП не превышал 12 мм рт ст. Во 2 группе использовалось давление от 12 до 16 мм рт ст. Исследовали следующие параметры: спонтанная и индуцированная агрегация тромбоцитов (в качестве индуктора агрегации использовался АДФ в концентрации 0,2 мкмоль на литр). Изучали уровень спонтанной, стимулированной агрегации, скорость, степень агрегации. Кроме того, у всех пациентов исследовали показатели коагулограммы: АЧТВ, JАЧТВ, МНО, РФМК фибриноген. Сравнивали показатели полученные до и после наложения ретропневмоперитонеума.

Таблица 1. Агрегация тромбоцитов под влиянием ретропневмоперитонеума у пациентов 1 группы. (M±SD)

Показатель агрегации тромбоцитов	До ретропневмоперитонеума	После ретропневмоперитонеума
Спонтанная агрегация,%	46,1±4,1	43,1±3,9 p>0,05
Уровень индуцированной агрегации,%	55,0±4,3	56,0±4,1 p>0,05
Степень индуцированной агрегации,%	56,8±4,5	53,2±5,5 p>0,05
Время индуцированной агрегации, с.	247±6,0	241±6,5 p>0,05
Скорость индуцированной агрегации,% в мин	62,5±6,6	61,9±6,2 p>0,05

p — статистическая значимость показателей относительно исходных значений.

Таблица 2. Агрегация тромбоцитов под влиянием ретропневмоперитонеума у пациентов 2 группы. (M±SD)

Показатель агрегации тромбоцитов	До ретропневмоперитонеума	После ретропневмоперитонеума
Спонтанная агрегация,%	44,1±2,1	52,1±3,2 p=0.042288
Уровень индуцированной агрегации,%	55,0±2,1	61,0±2,0 p=0.044322
Степень индуцированной агрегации,%	54,8±2,5	62,2±2,5 p=0.042014
Время индуцированной агрегации, с.	244±6,0	221±6,5 p=0.012564
Скорость индуцированной агрегации,% в мин	61,5±2,1	70,1±2,0 p=0.004821

p — статистическая значимость показателей относительно исходных значений.

Таблица 3. Показатели коагулограммы у больных 1 группы (M±SD).

Показатель коагулограммы	До ретропневмоперитонеума	После ретропневмоперитонеума
АЧТВ, сек.	27,0±3,1	26,7±2,9 >0,05
JAЧТВ, сек.	1,04±0,08	0,99±0,08 >0,05
МНО	1,08±0,09	1,10±0,06 >0,05
Фибриноген, г\л	5,52±0,76	5,44±0,69 >0,05
Фибриноген D, г\л	5,15±0,77	5,20±0,69 >0,05
РФМК, мг/100 мл	8,14±2,7	8,31±3,1 >0,05

p — статистическая значимость показателей относительно исходных значений.

Таблица 4. Показатели коагулограммы у больных 2 группы (M±SD).

Показатель коагулограммы	До ретропневмоперитонеума	После ретропневмоперитонеума
АЧТВ, сек.	26,0±3,2	26,2±2,1 >0,05
JAЧТВ, сек.	1,07±0,07	1,05±0,09 >0,05
МНО	1,04±0,1	1,07±0,2 >0,05
Фибриноген, г\л	5,61±0,51	5,72±0,62 >0,05
Фибриноген D, г\л	5,43±0,83	5,45±0,65 >0,05
РФМК, мг/100 мл	8,51±2,7	8,64±2,2>0,05

p- статистическая значимость показателей относительно исходных значений.

Нормальность, распределения всех вариационных рядов, подтверждена методом Шапиро-Уилка. Статистический анализ проводился с помощью пакета программ Microsoft Office 2021, с применением параметрических (критерий Стьюдента) и непараметрических (критерий Манна-Уитни) статистических методов. Критический уровень значимости при проверке гипотез $p=0.05$.

Результаты и обсуждение

При изучении результатов в 1 группе пациентов с применением давления инсуфлируемого газа в забрюшинном пространстве ниже 12 мм рт. ст не выявлено статистически значимых изменений показателей агрегации тромбоцитов (табл. 1).

Во второй группе, при более высокой компрессии РПП (12–16 мм рт.ст было выявлено увеличение спонтанной агрегации тромбоцитов на 18% (0.042288). (Таблица 2).

Так же выявлено что повышенная компрессия в забрюшинном пространстве у больных 2 группы приводит к увеличению уровня индуцированной агрегации на 11% (0.044322), при этом степень агрегации индуцированной агрегации увеличивалась на 14% ($p=0.012564$). Под действием выбранного режима ретропневмоперитонеума происходило сокращение времени индуцированной агрегации на 10% ($p=0.012564$), в свою очередь скорость индуцированной агрегации возрастала на 13% ($p=0.004821$).

Полученные изменения агрегационных свойств тромбоцитов демонстрируют увеличение их активности в ответ на создание искусственной полости с поддержанием давления за счёт инсуфлируемого газа в забрюшинном пространстве выше 12 мм рт ст. Вероятнее всего сдавление микрососудов за счет механического воздействия приводит к выбросу вазоактивных веществ из эндотелиальных клеток в том числе факторы активации тромбоцитов. Данный защитный механизм направлен на формирования барьера с внешней средой, для поддержания гемостаза и формирования иммунного ответа.

При исследовании параметров коагулограммы до и после ретропневмоперитонеума, независимо от режима давления, значимых изменений коагулограммы не обнаружено. (табл. 3,4).

Уровень компрессии, создаваемый в забрюшинном пространстве при РПП, оказывает значительное влияние на сосудисто-тромбоцитарный гемостаз, повышая активность тромбоцитов. Данные изменения носят защитный характер, и возникают вероятно, в ответ на повреждение эндотелия сосудов, вследствие повышения давления в забрюшинном пространстве. При этом невысокая компрессия (до 12 мм рт.ст.) не влияет значимо, на «поведение» тромбоцитов, вместе с тем повышение давления в забрюшинном пространстве выше 12 мм рт ст, является потенциально агрессивным фактором, влияющим на систему гемостаза, что в конечном итоге увеличивает риск ТЭО. Отсутствие изменения в коагуляционном звене гемостаза при малоинвазивных вмешательствах на забрюшинном пространстве свидетельствует о её относительной безопасности, вместе с тем существует необходимость детального изучения влияния ретропневмоперитонеума на сосудисто-тромбоцитарный гемостаз, функцию эндотелия и возможные механизмы запуска коагуляционного звена гемостаза в целях снижения риска тромбоэмболических осложнений.

Выводы

1. Выявлено, что давление в забрюшинном пространстве ниже 12 мм. рт. ст. при не приводит к изменениям сосудисто-тромбоцитарного гемостаза.
2. Ретропневмоперитонеум с уровнем давления 8–16 мм. рт. ст. не сопровождается реакцией коагуляционного звена гемостаза.
3. Установлено, что уровень давления ретропневмоперитонеума выше 12 мм. рт. ст. сопровождается увеличением спонтанной агрегации тромбоцитов на 18%, индуцированной агрегации на 11%, что свидетельствует о повышении активности тромбоцитов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кочкин А.Д., Севрюков Ф.А., Сорокин Д.А., Карлухин И.В., Пучкин А.Б., Семёнычев Д.В. Сочетанные лапароскопические операции на почке: два в одном. Клиническая и экспериментальная урология 2013, 4, с. 82–84.
2. Kvach K., Kavussi L. Past, present and future of laparoscopic kidney surgery. Investigate Urolithiasis. 2016;57(add. 2): S110–3
3. Lombardo R. Retroperitoneoscopy in urology: a systematic review. Lombardo R. [et al] Minerva Urol Nefrol. 2019 Jan 2. doi: 10.23736/S0393–2249.18.03235–6. [Epub ahead of print] PMID:30607927
4. De Crea C, Raffaelli M, D'Amato G, et al. Retroperitoneoscopic adrenalectomy: tips and tricks. Updat Surg. 2017;69:267–70.
5. MacDonald C Predictors of complications following retroperitoneoscopic total and partial nephrectomy. MacDonald C, [et al] // J Pediatr Surg. 2018 Nov 7. pii: S0022–3468(18)30757–7. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2018.10.097. [Epub ahead of print] PMID: 30502005

6. Лобанов Ю.С., Лобанов С.Л., Шаповалов К.Г. Изменение микроциркуляции при интраабдоминальной гипертензии в хирургии // Новости хирургии. 2018, № 4 с. 465–472.
7. Cerulo M, Escolino M, Turrà F, Roberti A, Farina A, Esposito C. Benefits of Retroperitoneoscopic Surgery in Pediatric Urology. *Curr Urol Rep*. 2018 Apr 3;19(5):33. doi: 10.1007/s11934-018-0777-0. PMID: 29616411.
8. Лобанов Ю.С., Шаповалов К.Г. Влияние пневмоперитонеума на периферическую микроциркуляцию. *Эндоскопическая хирургия*. 2016. Т. 22. № 5. С. 28–31.
9. Российские клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике венозных тромбоэмболических осложнений (ВТЭО). *Флебология*, 2015, 4, выпуск 2, с. 4–44.

© Лобанов Юрий Сергеевич (yurilobanov@mail.ru), Шаповалов Константин Геннадьевич (shkg26@mail.ru), Лобанов Сергей Леонидович (slobanov15@mail.ru), Лобанов Леонид Сергеевич (leonid.lobanov74@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Читинская государственная медицинская академия

ЛЕЧЕНИЕ СТЕНОЗА ТРАХЕИ И БРОНХОВ

TREATMENT OF TRACHEAL AND BRONCHIAL STENOSIS

**Z. Lovpache
F. Bachieva
A. Tutukov
Abazova I.
A. Teuvov
R. Zakhokhov**

Summary. The experience of treating 38 patients with tracheal stenosis in the Department of Thoracic Surgery of the Republican Clinical Hospital of the Ministry of Health of the Kabardino-Balkarian Republic, as well as diagnostic methods, were analyzed. The purpose of the study is to improve the therapeutic efficacy of methods for treating tracheal stenosis, to ensure its achievement, possibly by completing the following tasks: 1) to analyze the experience of treating patients with stenosis; 2) identify criteria for their evaluation; 3) select and implement research methods; 4) analyze the results of the study. It has been established that most cases of tracheal stenosis are admitted to the clinic on an urgent basis, accompanied by the formation of pathological changes of a different nature and degree. It was determined that the use of an integrated approach to the treatment of pathology prevents an unfavorable outcome. Treatment of severe conditions of tracheal stenosis requires hospitalization in specialized centers, where modern comprehensive diagnostic and therapeutic measures are presented, including a complete examination, pre-, inter- and postoperative preparation. The results of the study will contribute to the improvement of the system of treatment of tracheal stenosis and bronchitis.

Keywords: stenosis, trachea, ventilator, tracheostomy, stent.

Ловпаче Зарема Нурийдinovна
Кабардино-Балкарский Государственный
университет им. Х.М. Бербекова
lovpache.zarema@mail.ru

Бачиева Фатима Руслановна
Кабардино-Балкарский Государственный
университет им. Х.М. Бербекова
bachieva.fatima00@mail.ru

Тутуков Аслан Борисович
Доцент, кандидат медицинских наук, Кабардино
-Балкарский Государственный университет им.
Х.М. Бербекова
tutukovab@mail.ru

Абазова Инна Саладиновна
Доцент, кандидат медицинских наук, Кабардино
-Балкарский Государственный университет им.
Х.М. Бербекова
abazova-inna@mail.ru

Теувов Аслан Алексеевич
Доцент, кандидат медицинских наук, Кабардино
-Балкарский Государственный университет им.
Х.М. Бербекова
teuv@mail.ru

Захохов Руслан Максидович
Доцент, кандидат медицинских наук, Кабардино
-Балкарский Государственный университет им.
Х.М. Бербекова
zakh-rus@mail.ru

Аннотация. Проанализирован опыт лечения 38 пациентов со стенозами трахеи в отделении торакальной хирургии республиканской клинической больницы Министерства здравоохранения Кабардино-Балкарской Республики, а также методы диагностики. Цель исследования состоит в совершенствовании терапевтической эффективности методов лечения стеноза трахеи, обеспечить ее достижение возможно выполнив следующие задачи: 1) провести анализ опыта лечения пациентов со стенозами; 2) выявить критерии их оценки; 3) подобрать и реализовать методы исследования; 4) проанализировать полученные результаты исследования. Установлено, что большинство случаев стеноза трахеи поступают в клинику в неотложном порядке, сопровождавшееся формированием патологических изменений разного характера и степени. Определено, что применение комплексного подхода лечения патологии предотвращает неблагоприятный исход. Лечение тяжелых состояний стеноза трахеи требует госпитализации в специализированные центры, где представляются современные комплексные диагностические и терапевтические меры, включающие полное обследование, проведение пред-, интер- и послеоперационной подготовки. Результаты исследования будут способствовать совершенствованию системы лечения стеноза трахеи и бронхитов.

Ключевые слова: стеноз, трахея, ИВЛ, трахеостома, стент.

На данный момент терапевтическая успешность в реанимационных отделениях позволяет спасти жизнь пациентов, которые в практике считаются безнадежными. Одной из распространенных причин формирования приобретенного сужения трахеи является ятрогенная, обусловленная высоким уровнем применения искусственной вентиляции легких (ИВЛ) по трахеостомической или интубационной трубке [1]. Количество заболеваемости стеноза трахеи в медицине у пациентов с ИВЛ равняет 1,1–26,3% [2]. Применение паллиативных техник, как стенты разного вида, способствует восстановлению просвета реканализированной трахеи. Однако длительное использование стентирования трахеи нередко сопровождается рецидивом сужения [3].

Благоприятные исходы лечения стеноза были достигнуты только после включения радикальных хирургических вмешательств в клиническую практику, как циркулярные резекции трахеи. Хотя, выполнение в срочном порядке подобных операций не всегда является возможным. Поэтому, при таких случаях, в хирургической практике рекомендуется использовать эндоскопической технологии в обеспечении проходимости трахеобронхиального дерева [4, 5].

Декомпенсированные формы сужения трахеи нередко приводят к развитию гипоксического явления и усугублению состояния пациентов, особенно при наличии тяжелого соматического заболевания, травмы. В результате проведение реанимационных мероприятий становится обязательным. В данных условиях возможность проведения радикального хирургического вмешательства резко снижается. С другой стороны, у врача применение срочной трахеоскопии и введение стента остаются единственным выбором для оказания быстрой помощи пациента [6; 7].

Согласно данным литературы, в последние десятилетия эндоскопический метод играет основную роль в диагностике и лечении [8].

Основными показаниями к использованию эндоскопической технологии представляются: предоперационное расширение суженного участка трахеи в плане подготовки к хирургической терапии, устранения трахеостомы, наличие асфиксии из-за затруднения дыхания, противопоказание к хирургическому лечению, рестеноз трахеи, подготовка пациента к транспортировке в медицинские учреждения [9].

Миссия современной эндоскопической хирургии заключается в восстановлении просвета дыхательных путей. Сейчас дилатация суженного участка трахеи проводится разной техникой, как механическим мето-

дом (баллонное расширение, бужирование), так и воздействием механических агентов [10; 11].

После восстановления трахеального просвета важно принимать меры для предупреждения рецидиву патологии. Это можно осуществлять с помощью введения эндопротеза в зону эндоскопического вмешательства, сохраняющего просвета от рестеноза [12; 13]. На данный момент отсутствует единое мнение о эффективности терапевтических методов лечения стеноза трахеи, что провоцирует исследователей провести научные деятельности [14].

В данной работе проанализирован опыт лечения 38 пациентов со стенозами трахеи в отделении торакальной хирургии ГУЗ РКБ МЗ КБР клинике общей хирургии медфака КБГУ.

Критерии подбора больных

Собственное согласие; клинический диагноз «стеноз трахеи», обоснованный клиническим и инструментальными методами; срок патологии — 3–6 мес; этиология — разная, опухоль; возраст 19–66 лет; легкие сопутствующие болезни; пол — женский и мужской; лечение — терапевтическое и оперативное.

Критерии отмены пациентов из исследования

Персональный отказ; возраст старше 66 лет и моложе 19 лет; нарушение протокола исследования; тяжелые сопутствующие патологии. Демографический анализ показал, что средний возраст составил $41,3 \pm 2,64$ года. Мужчин было 31 (81,6%), женщин — 7 (18,4%).

Методы диагностики

Клиническое обследование (сбор анамнеза, физикальное обследование). Лабораторные тесты — анализ крови и мочи. Инструментальные методы, в которые включены рентгенологические, эндоскопические, функциональные исследования.

Рентгенологическими признаками уменьшения просвета дыхательных путей служат форма трахеи в виде песочных часов, неподвижность ее мембранозной стенки, расширение просвета ниже места сужения, ателектаз или эмфизема.

Диагноз уточняется посредством контрастных исследований — трахеографии и бронхографии. В выявлении сосудистых аномалий, вызывающих стеноз трахеи, велика роль аортографии (рис. 1).

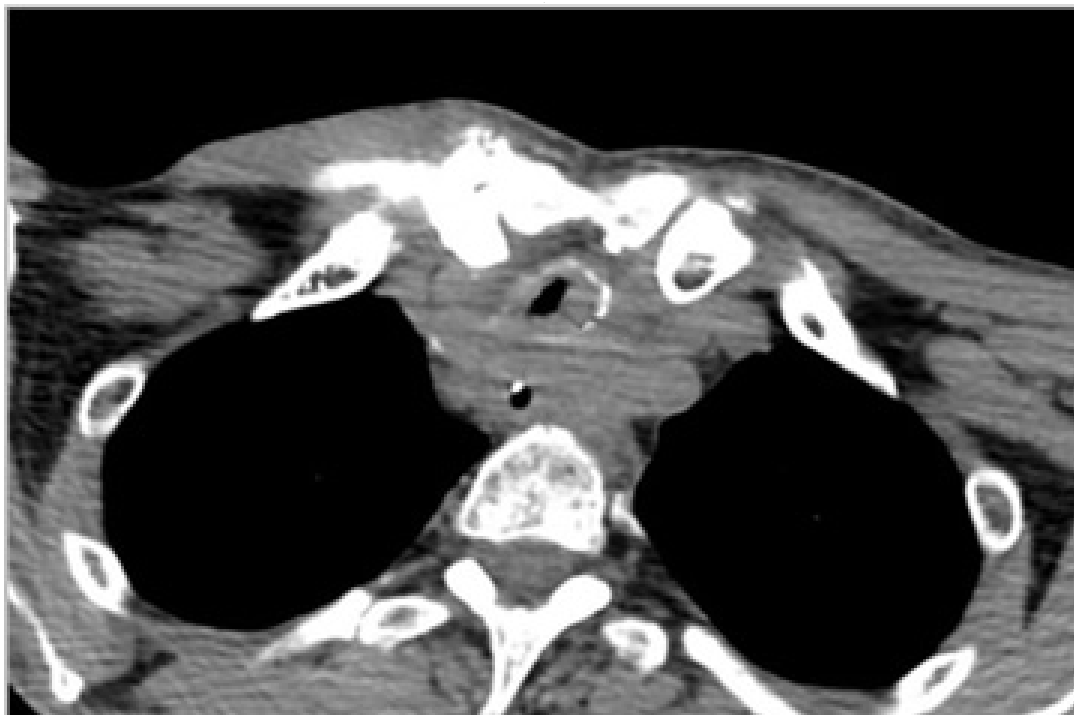


Рис. 1. КТ органов грудной клетки. Выраженный стеноз проксимальных отделов трахеи вследствие вторичного распространения опухоли гортани

Определена эффективность лечения при помощи функции внешнего дыхания по следующим параметрам: жизненная емкость легких (ЖЕЛ), объем форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ 1), форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ), максимальную объемную скорость (МОС).

Оценка терапии проведена по опроснику (хороший, удовлетворительный и неудовлетворительный результат). Хороший результат — это восстановление дыхания, деканюляция, отсутствие рецидива. Удовлетворительная оценка — улучшение дыхания, деканюляция, отсутствие рецидива, неудовлетворительный результат — нарушение дыхания, отсутствие деканюляции, наличие рецидива.

Больные с тяжелой формой обструкции трахеи были функционально ограничены в результате развития выраженных воспалительных процессов и респираторной депрессии. Они представили группу пациентов с высоким риском смертности из-за высокой вероятности асфиксии в течение часов. Анестезиологические пособия выполнены по клиническим стандартам, однако, иногда и вследствие особенности дыхательной дисфункции — по неординарному подходу. Протокол включил пред-, интра- и послеоперационный протоколы. До операции меры заключались в проведении клинического обследования, назначении премедикации

(бензодиазепины, мидазолам, и др.). В интраоперационном периоде проводился ряд мер: медикаментозная седация (фентанил, 2,9 мкг/кг); гипнотика (пропофон, 0,5–2,0 мг/кг в час); ВЧ ИВЛ (2 кПа/кг, FiO — 50–100%); интубация ЖКТ; вентиляция наркозно-дыхательным аппаратом; мониторинг — АД, пульсоксиметрия, капнография, ЭКГ, и др.; декураризация (сугаммадекс, 16 мг/кг). Ранний послеоперационный периода включил выход из наркоза, поддержка перфузионного давления, НПВС, и др.

Статистический анализ выполнен с помощью программы «Microsoft word и Excel 2013», с применением ряда параметров: критерий Манна-Уитни, Стьюдента, и при $p < 0,05$.

С целью оценки результатов лечения больных с постренимационными стенозами гортани и трахеи нами были разработаны критерии оценки эффективности лечения. Причинами формирования стеноза являются разными. У большинства пациентов рубцовый стеноз трахеи развивается после длительной искусственной вентиляции легких — у 14 (36,8%), при этом у 5 пациентов (35,7%) возник после трахеостомии пищевода-трахеальный свищ. У 3 пациентов рубцовый стеноз трахеи и гортани развился после проведения трахеотомии. Травматические повреждения и ранения шеи с повреждением трахеи были причиной у 10 (26,3%)

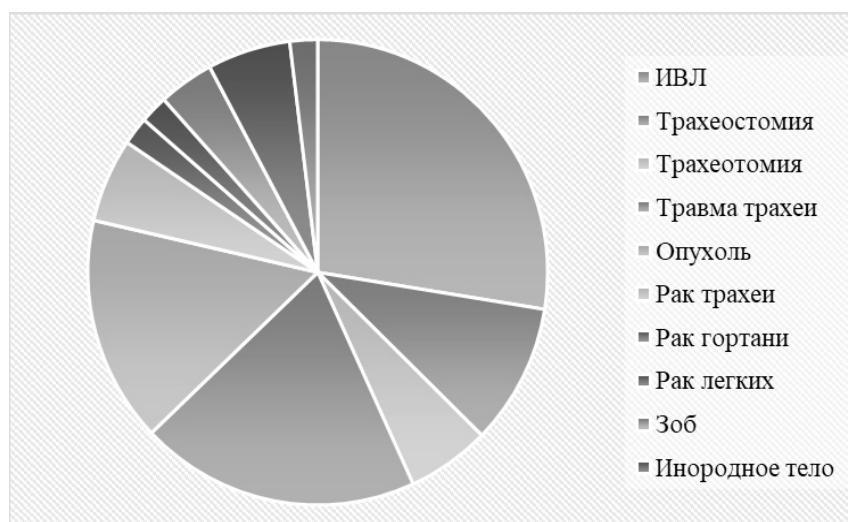


Рис. 2. Распределение пациентов по причине стеноза

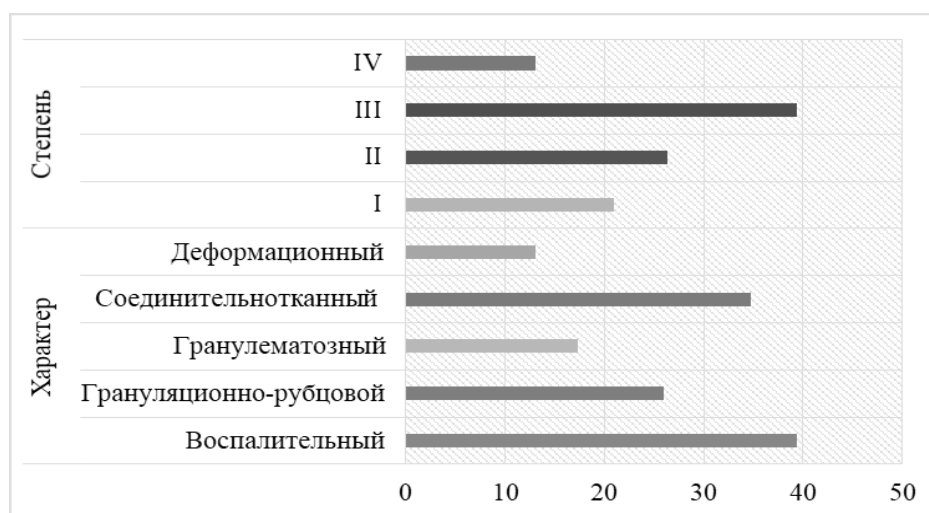


Рис. 3. Распределение пациентов по характеру и степени стеноза

пациентов. Опухоли у 8 (21,8%) пациентов. Из них рак трахеи был у 3 пациентов, гортани — у 3, рак щитовидной железы — 1, рак легкого — 1. Больные с опухолями трахеи поступали в клинику, как правило, в тяжелом состоянии из-за выраженного стеноза, дыхательной недостаточности и сопутствующего трахеобронхита или пневмонии. Загрудинный зоб со сдавлением трахеи извне был причиной у 2 (5,3%) пациентов. У 3 (7,9%) пациентов причиной стеноза трахеи было инородное тело. У 1 (2,6%) пациента ожог пищевода осложнился развитием пищеводно-трахеального свища (рис. 2).

ИВЛ, интубация, трахеостомия проводились при повреждении трахеи в условиях авто-катастрофических, бытовых травмах.

У пациентов с постреанимационными стенозами трахеи продолжительность искусственной вентиляции легких равняла 3–40 суток.

При проведении инструментального обследования выявлено, что локализация патологических изменений были в складковом и подсютачковом отделах гортани, шейном и грудном отделах трахеи. При этом, у 10 (26,3%) пациентов выявлен сочетанный стеноз гортани и трахеи.

Формы патологических изменений отличались в зависимости от продолжительности ИВЛ. У 15 (39,4%) пациентов, у которых срок ИВЛ составил 3–5 дней, отмечается воспалительный характер. У остальных (23

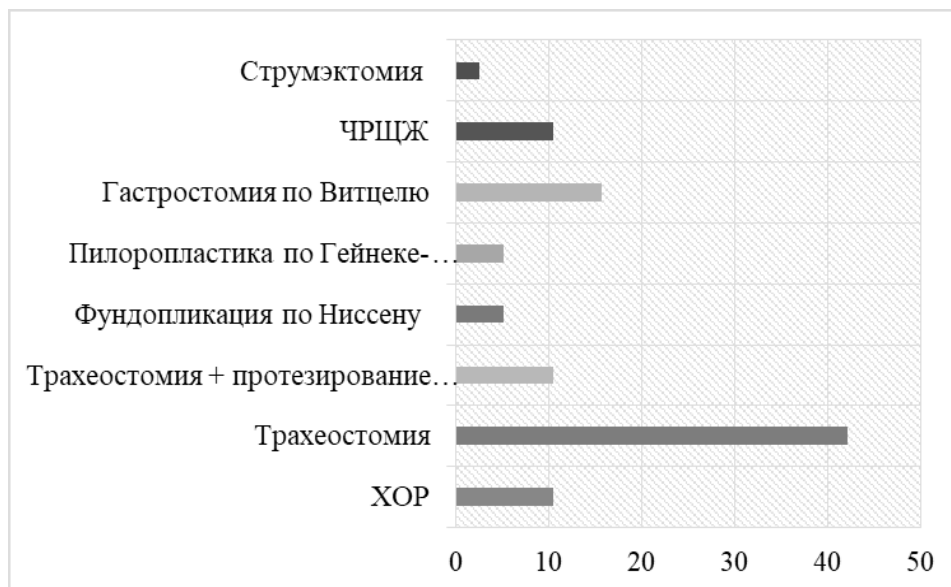


Рис. 4. Распределение пациентов по методам лечения

(60,6%), где срок ИВЛ равен > 5 суток, диагностировано разрастание соединительной ткани в пораженных отделах гортани и трахеи. Среди последних пациентов у 6 (26,0%) — выявлены грануляционные и рубцовые изменения. У 4 (17,3%) — постинтубационная гранулема. У 8 (34,7%) — соединительнотканый «козырек». У 3 (13,0%) — рубцовая деформация (рис. 3).

Данными исследования выявлено, что стеноз имел разные степени стенозирования. Итак, у 8 (21,0%) пациентов регистрирована первая степень стенозирования. Вторая степень наблюдалась среди 10 (26,3%) больных. Третья степень — у 15 (39,4%). Четвертая — у 5 (13,1%) (рис. 3).

В лечении стеноза принимались разные методы. У 11 (28,9%) больных использовалась консервативная терапия. Обширные операции на органах грудной и брюшной полостей выполнены у 38 пациентов оперировано 27 (71,1%) пациентов. Из 14 (36,8%) пациентов с рубцовым стенозом трахеи, возникшим после проведения длительной интубации и ИВЛ, оперировано 7 (18,4%) человек, трое из них поступали и оперированы неоднократно. Пластика трахеи с протезированием произведена в 4 (10,5%) случаях, выделение трахеи из рубцов (рис. 4).

Хирургические методы лечения, применяемые для лечения стеноза, были разными. У 4 (10,5%) пациентов с травмой трахей проводились оперативная обработка раны, наложение трахеостомии, и протезирование трахеи. Из последних 2 (5,2%), у которых сформированы пищеводно-трахеальные, выполнены фундопликация

по Ниссену и пилоропластика по Гейнеке-Микуличу. 12 (31,5%) пациентам произведены трахеостомия с одномоментной трахеопластикой. Больным (6 (15,7%)), имевшим рак трахеи и гортани, выполнена гастростомия по Витцелю. У пациентов с зобом проведены резекция перешейки (2 (5,2%)), провой доли (2 (5,2%)) и струмэктомия (1 (2,6%)) (рис. 4).

При оценке функции внешнего дыхания после операции установлено снижение значения всех параметров: ЖЕЛ — на 15,8% ($p < 0,05$), (ОФВ 1) — на 18,9% ($p < 0,05$), ФЖЕЛ — на 17,2% ($p < 0,05$), и МОС — 13,9% ($p < 0,05$). При этом, хороший результат зарегистрированы у 15 (39,4%), удовлетворительный — 14 (36,8%).

Неудовлетворительный результат лечения отмечен у 9 (23,6%) больных, который по ходу лечения умерли. 4 (10,5%) пациентов умерло в результате опухолевой в результате опухолевой запущенности. 2 (5,2%) — из-за тяжелого ранения. 1 (2,6%) — тяжелой степени ожога. 1 (2,6%) — асфиксия. 1 (2,6%) — ишемический инсульт.

Таким образом, большинство случаев стеноза трахеи поступают в клинику в неотложном порядке, сопровождавшееся формированием патологических изменений разного характера и степени. Здесь применение комплексного подхода лечения патологии предотвращает неблагоприятному исходу. Лечение тяжелых состояний стеноза трахеи требует специализированные центры, где представляются современные комплексные диагностические и терапевтические меры, включающие полное обследование, проведение пред-, интра- и послеоперационной подготовки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Печетов А.А., Вишневская Г.А. Посттравматический рубцовый стеноз трахеи в сочетании с послеоперационной тотальной нестабильностью грудной у больной с тяжелой сочетанной кардиальной патологией // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. — 2022. — № 2. — С. 57–61.
2. Старостин А.В., Берикханов З.Г., Паршин А.В., Амангельдиев Д.М. Этиология, диагностика и лечение рубцового стеноза трахеи // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. — 2020. — № 4. — С. 53–60.
3. Топольницкий Е.Б., Шефер Н.А., Подгорнов В.Ф. Лечение трахеогортанных и трахеальных рубцовых стенозов // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. — 2022. — № 3. — С. 36–43.
4. Алхасов А.Б., Яцык С.П., Комина Е.И., Ратников С.А., Романова Е.А., Савельева М.С., Шубин Н.В. Хирургическое лечение стенозов трахеи и бронхов // Российский педиатрический журнал. — 2022. — № 4. — С. 244–246.
5. Рузматов К.М., Шамсиев Д.Ф. Современный взгляд на диагностику и лечение хронического рубцового стеноза гортани // Интернаука. — 2022. — № 6–1 (229). — С. 46–50.
6. Алхасов А.Б., Яцык С.П., Ратников С.А., Комина Е.И., Савельева М.С., Герен М.О., Шубин Н.В., Романова Е.А. Хирургическое лечение компрессионных стенозов трахеи у детей // Российский педиатрический журнал. — 2022. — № 4. — С. 245–249.
7. Акопов А.Л., Ковалев М.Г. Циркулярная резекция шейного отдела трахеи без интубации // Казанский медицинский журнал. — 2021. — № 3. — С. 381–388.
8. Кирасирова Е.А., Олтаржевская Н.Д., Хлыстова Т.С., Усова М.И., Лафуткина Н.В., Мамедов Р.Ф., Резаков Р.А., Кулабухов Е.В., Тютина С.И., Егорова Е.А. Современные аспекты протезирования просвета гортани и трахеи после реконструктивных операций // РМЖ. — 2022. — № 2. — С. 36–40.
9. Шевченко Ю.Л., Аблицов А.Ю., Аблицов Ю.А., Василашко В.И., Орлов С.С., Сусов Р.П. Хирургическое лечение трахеопищеводных свищей неопухольевой этиологии // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. — 2021. — № 3. — С. 95–100.
10. Романова Е.А., Алхасов А.Б., Ратников С.А., Комина Е.И., Савельева М.С., Герен М.О. Хирургическое лечение компрессионных стенозов трахеи у детей // Российский педиатрический журнал. — 2021. — № 3. — С. 51–55.
11. Корженевский В.К., Мкртычева Т.А., Рахметов Р.О., Горлов Д.И., Ивлиукова Т.В. Опыт лечения больных с рубцовыми стенозами трахеи // Здравоохранение Югры: опыт и инновации. — 2020. — № 1 (22). — С. 15–21.
12. Герасин А.В., Акопов А.Л., Ковалев М.Г., Дворецкий С.Ю., Казаков Н.В., Ильин А.А., Кондакова М.Н. Выбор тактики эндоскопического лечения рубцовых стенозов трахеи // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. — 2021. — № 5. — С. 443–448.
13. Старостин А.В., Берикханов З.Г., Паршин А.В., Амангельдиев Д.М. Этиология, диагностика и лечение рубцового стеноза трахеи // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. — 2020. — № 4. — С. 53–60.
14. Порханов В.А., Ларин В.Ф., Поляков И.С., Жихарев В.А., Кононенко В.Б. Лечение распространенного стеноза трахеи с применением новой методики // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. — 2020. — № 1. — С. 80–84.

© Ловпаче Зарема Нуриядиновна (lovpache.zarema@mail.ru), Бачиева Фатима Руслановна (bachieva.fatima00@mail.ru),
 Тутуков Аслан Борисович (tutukovab@mail.ru), Абазова Инна Саладиновна (abazova-inna@mail.ru),
 Теуов Аслан Алексеевич (teuov@mail.ru), Захохов Руслан Максидович (zakh-rus@mail.ru).
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЗАБОЛЕВАНИЯ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА У ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА: ПРОБЛЕМА НЕРАЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

DISEASES OF THE GASTROINTESTINAL TRACT IN SCHOOL-AGE CHILDREN: THE PROBLEM OF IRRATIONAL NUTRITION

**S. Lyapina
E. Semeleva
O. Vanyakina**

Summary. Inadequate and unbalanced nutrition has an adverse effect on the digestive system of the child's body, the consequences of which can be very sad. It is very important to pay attention not only to what the child eats, but also to when, how and in what environment he eats. Proper diet and rationality of nutrition are necessary in order for food to be better used by the body, and in order to prevent the development of acute and chronic diseases of the stomach and intestines. The article identifies the problem of nutrition of school-age children and shows the relationship between irrational nutrition and its impact on the development of gastrointestinal tract diseases in children of school age in certain districts of the Republic of Mordovia.

Keywords: children's health; monitoring; balanced diet; daily diet; the prevalence of gastrointestinal diseases; pathology.

Ляпина Светлана Анатольевна

Доцент, к.б.н. ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»

Семелева Елена Владимировна

Профессор, д.м.н. ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»

Ванякина Ольга Валерьевна

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»

shtanina37@mail.ru

Аннотация. Неадекватное и несбалансированное питание оказывает неблагоприятное действие на пищеварительную систему детского организма, последствия которого могут быть весьма печальными. Очень важно обращать внимание не только на то, что ест ребенок, но и на то, когда, как и в какой обстановке он ест. Правильный режим и рациональность питания необходимы для того, чтобы пища лучше использовалась организмом, и для того, чтобы предупредить развитие острых и хронических заболеваний желудка и кишечника. В статье обозначена проблема организации питания детей школьного возраста и показана взаимосвязь между нерациональным питанием и его влиянием на развитие заболеваний желудочно-кишечного тракта у детей, встречающихся в школьном возрасте в отдельных районах республики Мордовия.

Ключевые слова: здоровье детей; мониторинг; рациональное питание; сбалансированный рацион; распространенность заболеваний ЖКТ; патология.

Актуальность работы

Пища является одним из важнейших факторов окружающей среды, оказывающее влияние на состояние здоровья, работоспособности, умственного и физического развития, а также на продолжительность жизни человека. Организм человека и особенно растущий организм ребенка и подростка нуждается в определенном составе пищи. Пища детей должна содержать все вещества, необходимые для нормальной жизнедеятельности, нормального роста и развития их организма. Рациональное питание является важным фактором профилактики заболеваний детей школьного возраста [3].

В настоящее время в состоянии здоровья школьников преобладает увеличение удельного веса детей, имеющих хроническую патологию ЖКТ и уменьшение числа относительно здоровых детей [2].

С каждым годом усугубляются причины возникновения заболеваний: это во многом определяется ухудшением качества питания детей школьного возраста и сопровождается как снижением энергетической ценности пищи, так и обеднением рациона микроэлементами, витаминами [1].

Цель работы

Проанализировать и установить связь между распространенностью заболеваний ЖКТ и нерациональным питанием среди детей школьного возраста по отдельным районам республики Мордовии за 4 года (с 2018 по 2021 гг.).

Материалы и методы

Анализ показателей здоровья детей школьного возраста проводился по официальным данным Госу-

Таблица 1. Распространенность заболеваний ЖКТ у детей на 1000 чел в Республике Мордовия за период 2018–2021гг

Заболевание	ЯБЖ	ЯБ12ПК	ХГ	ХЭ и ХК	СРК
2018	0,03	1,33	21,6	0,89	0,34
2019	0,05	1,36	24,2	0,92	0,45
2020	0,04	1,48	24,5	0,96	0,44
2021	0,25	0,92	33,8	1,04	0,8

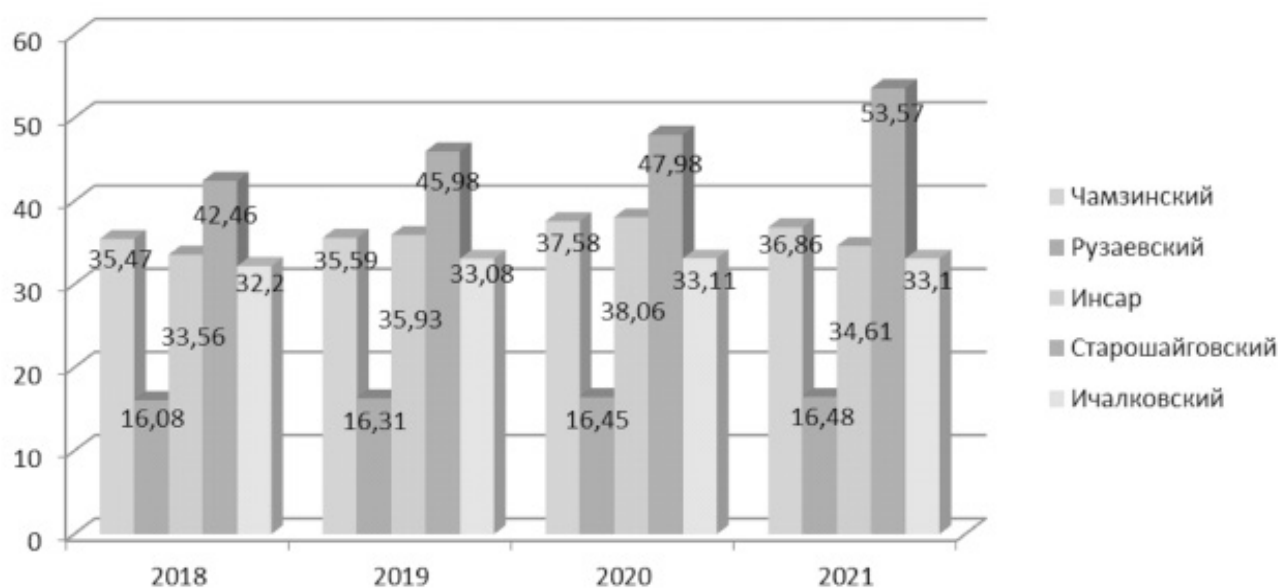


Рис. 1. Распространенность ХГ по изучаемым районам за период 2018–2021 гг

дарственных докладов о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Республики Мордовия и данных «Мордовиястат» за период с 2018–2021 года по некоторым группам болезней желудочно-кишечного тракта на 1000 человек детского населения.

Желудочно-кишечные заболевания относятся чаще всего к болезням внутренних органов человека. У многих больных истоки хронических заболеваний желудка и кишечника нужно искать в раннем возрасте. Еще не окрепший организм ребенка в большей степени чувствителен ко всем нарушениям гигиенических правил питания [8], именно поэтому у маленьких детей и у младших школьников особенно часто бывают расстройства пищеварения. Это объясняется прежде всего тем, что растущий организм нуждается в относительно большем количестве питательных веществ по сравнению с тем, которое необходимо взрослому человеку [8].

Питание обучающихся должно соответствовать принципам щадящего питания, предусматривающее использование определенных способов приготовления блюд, таких как варка, приготовление на пару, тушение, запекание, и исключение продуктов с раздражающими свойствами [9].

В суточном рационе питания оптимальное соотношение пищевых веществ: белков, жиров и углеводов, должна составлять 1:1:4 или в процентном отношении от калорийности, как 10–15%, 30–32% и 55–60% соответственно, а соотношение кальция к фосфору 1:1,5. При несоблюдении данных гигиенических правил органы пищеварительной системы подвергаются патологическим изменениям [9].

Мы решили проанализировать тенденцию распространения заболеваний желудочно-кишечного тракта в Республике Мордовия, а именно: хронический га-

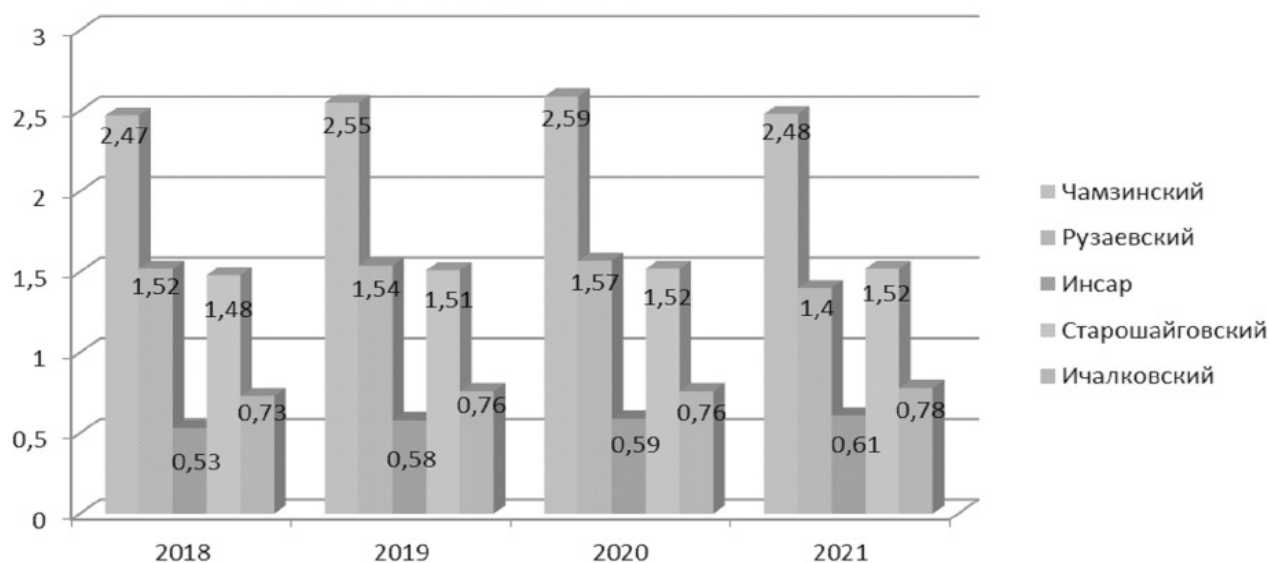


Рис. 2. Распространенность ЯБ12ПК по изучаемым районам за период 2018–2021 гг

стрит, язвенная болезнь двенадцатиперстной кишки, хронический энтерит и хронический колит, синдром раздраженного кишечника и язвенная болезнь желудка среди детей школьного возраста за определенный период времени с 2018 по 2021 год (табл. 1).

Исходя из полученных данных, наблюдается рост практически всех представленных заболеваний ЖКТ начиная с 2018 года по 2021 год. Самой распространенной патологией желудочно-кишечного тракта у детей является хронический гастрит [4,5,6,7].

Далее мы решили проследить, какая тенденция по выявленным заболеваниям наблюдается среди детей в следующих районах республики Мордовия: Чамзинском, Рузаевском, Инсарском, Старошайговском и Ичалковском.

Высокая распространенность хронического гастрита встречается во всех изучаемых районах, но наиболее выражена в Старошайговском районе. Пик приходится на 2021 год и составляет 53,57 на 1000 человек (см. рис. 1) [4,5,6,7].

Наиболее частая причина хронического гастрита — нарушение гигиенических правил питания. Возникновению хронического гастрита способствует также переутомление и тяжелые психические потрясения.

На второе место по распространенности выходит язвенная болезнь 12-перстной кишки, в основе которой лежит рецидивирующая язва двенадцатиперстной

кишки. Как правило, язва возникает на фоне дуоденита. Среди прочих факторов, способствующих возникновению язвенной болезни 12-перстной кишки, является нарушение режима питания.

Самый высокий уровень этого заболевания наблюдается в Чамзинском районе, пик приходится на 2020 г и составляет 2,59 на 1000 человек (см. рис. 2) [4,5,6,7].

Третье место в структуре распространенности заболеваний ЖКТ занимают хронический энтерит и хронический колит. Хронический энтерит чаще возникает вследствие нарушения гигиенических правил питания (еда всухомятку, неправильный режим питания, недостаточное количество витаминов в пище). Хронический колит может быть связан с погрешностями в питании и возникает, если ребенок получал неподходящую для него пищу; например, если в питании преобладает картофель, черный хлеб, морковь, горох, сырые фрукты с кожурой. Эта пища, съеденная в большом количестве, вызывает раздражение толстой кишки, и перистальтика резко ускоряется. Стул становится обильным и содержит слизь.

Наблюдается выраженный скачок хронического энтерита и хронического колита в Старошайговском районе в 2021 году, составивший 8,93 на 1000 чел, превышающий аналогичные показатели предыдущих лет в 6 раз (см. рис. 3)[4,5,6,7].

Четвертое место по распространению занимает синдром раздраженного кишечника. У детей с повы-

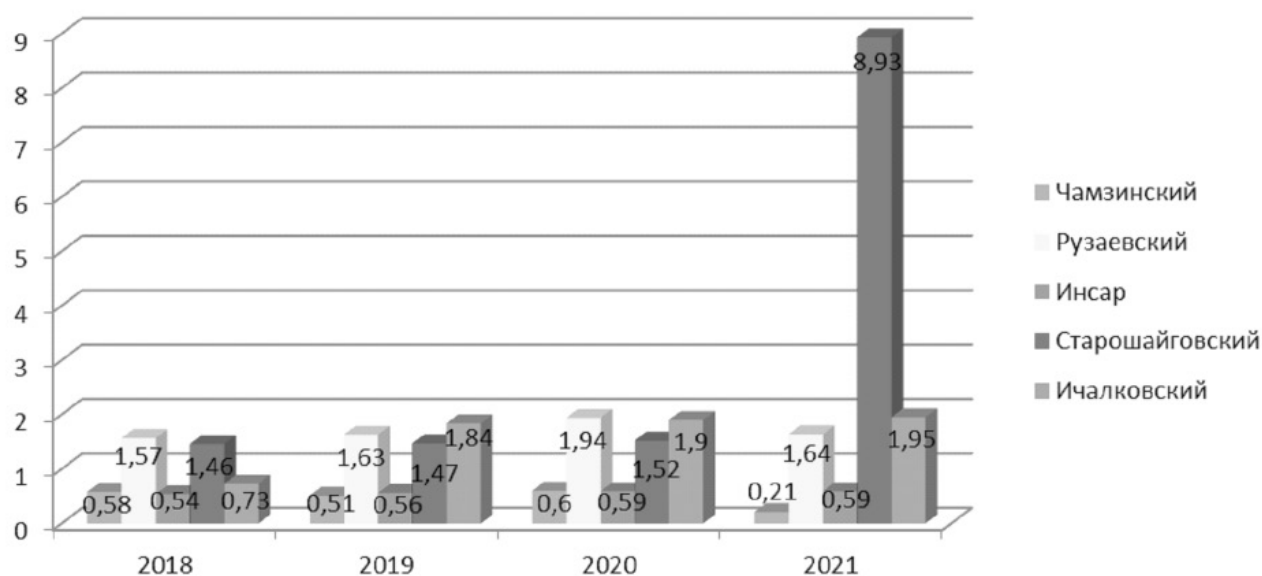


Рис. 3. Распространенность ХЭ и ХК по изучаемым районам за период 2018–2021 гг

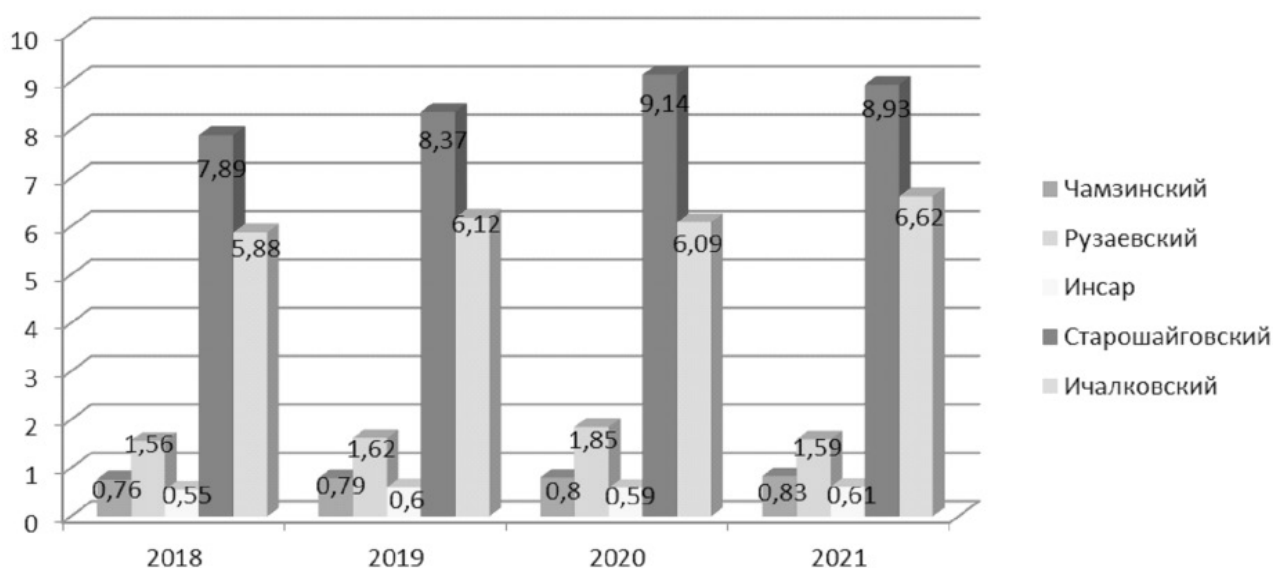


Рис. 4. Распространенность СРК по изучаемым районам за период 2018–2021 гг

шенной возбудимостью нервной системы часто наблюдаются расстройства пищеварения. Нервные дети часто плохо переносят пищу, содержащую много растительной клетчатки, так как она усиливает раздражение кишечника. Для них особенно важно принимать пищу всегда в одно и то же время.

Наиболее высокий уровень заболеваний хроническим энтеритом и хроническим колитом вновь наблю-

дается в Старошайговском районе, пик приходится на 2020 г и составляет 9,14 на 1000 человек (см. рис. 4) [4,5,6,7].

Последнее место среди изучаемых районов занимает язвенная болезнь желудка. Обычно данное заболевание наблюдается у детей старшего возраста. Язвенная болезнь желудка протекает в более легкой форме, чем у взрослых, но у детей могут наблюдаться харак-

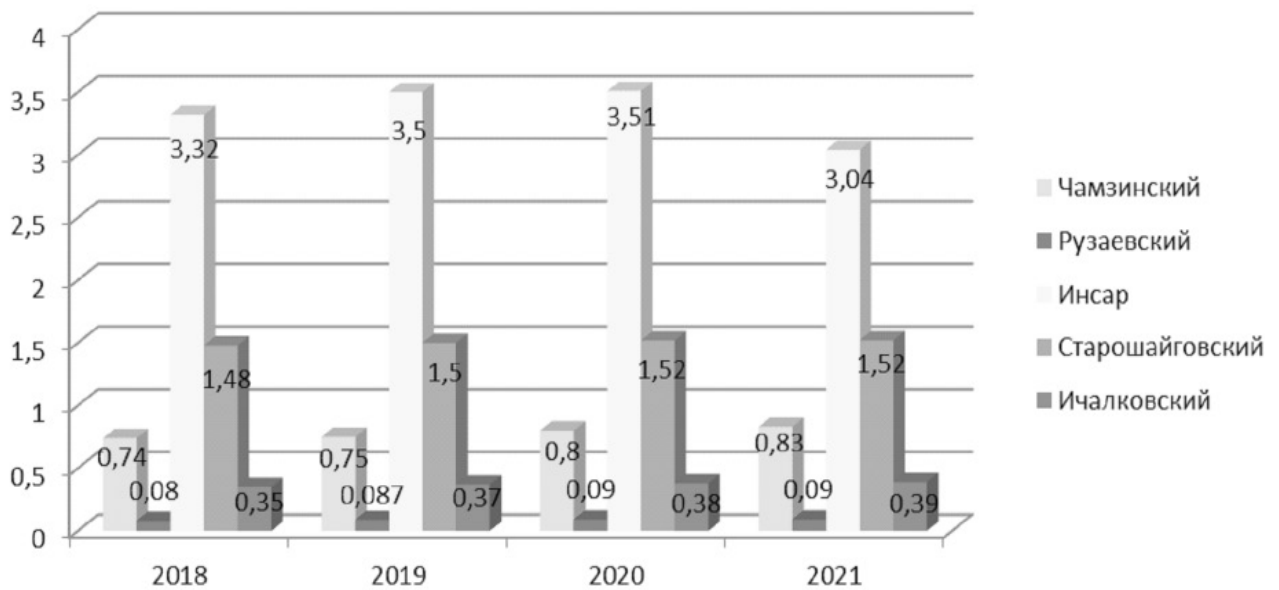


Рис. 5. Распространенность ЯБЖ по изучаемым районам за период 2018–2021 гг

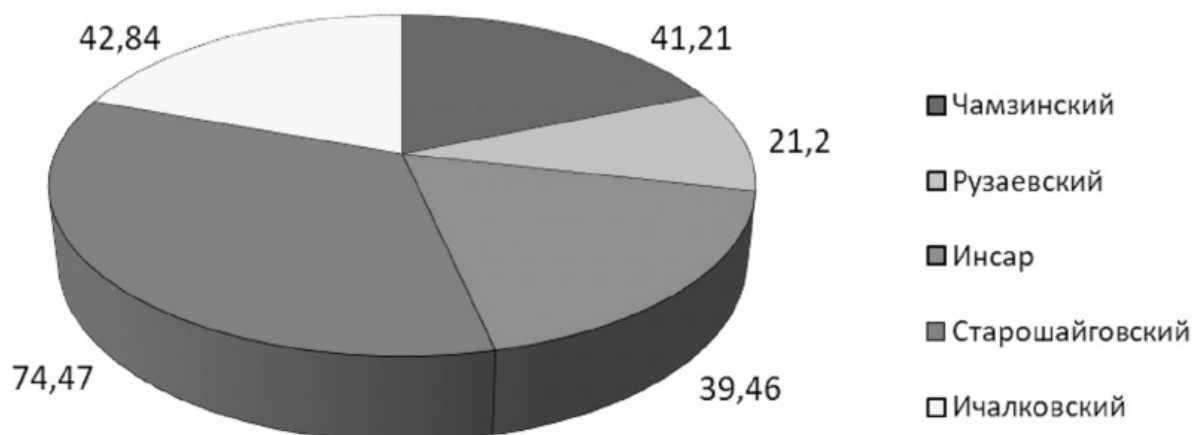


Рис. 6. Общая распространенность заболеваний ЖКТ у детей на 1000 человек в Республике Мордовия по изучаемым районам к 2021 г

терные симптомы болезни: боли в области желудка и под ложечкой, иногда очень мучительные, появляющиеся в связи с приемом пищи; рвота и отрыжка, у многих больных запор.

Несмотря на низкие показатели в общей структуре, данное заболевание показывает высокий уровень распространенности за все представленные года в Ин-

сарском районе, пик приходится на 2020 г и составляет 3,51 на 1000 чел (см. рис. 5) [4,5,6,7].

Анализируя полученные данные, мы наблюдаем рост распространённости болезней ЖКТ среди детей школьного возраста. Особенно высокие показатели наблюдаются в Старошайговском районе по таким заболеваниям, как хронический гастрит, синдром раздражен-

ного кишечника, а также резкое повышение количества детей, имеющих хронический энтерит и хронический колит (см. рис. 6).

Таким образом, учитывая неуклонно увеличивающуюся учебную нагрузку, образ жизни, материальное положение, которые ведут к неправильному рациону и режиму питания, можно проследить связь между распространенностью болезней ЖКТ и нерациональным, неадекватным питанием среди молодежи.

Несоблюдение правильного режима питания оказывает разрушительное воздействие на слизистую желудка и кишечника, ее воспаление. Важно понимать, что

воспаленная слизистая не может обеспечить полноценное расщепление пищи и поддержание необходимого уровня кислотности, поэтому нарушается процесс пищеварения в целом, организм не усваивает большую часть питательных веществ, содержащихся в потребляемых блюдах. А это означает, что даже самый разнообразный рацион не сможет удовлетворить потребность растущего организма в витаминах и минералах. Отсюда — признаки гиповитаминоза, анемия, отставание в росте, повышенная возбудимость нервной системы, слабость и другие расстройства здоровья. Поэтому, чтобы снизить риск возникновения заболевания, нужно, прежде всего, вести пропаганду среди детей школьного возраста о правильном поведении и культуре питания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тапешкина Н.В., Почуева Л.П., Власова О.П. Организация питания школьников: проблемы и пути решения // *Фундаментальная и клиническая медицина*. 2019. Т. 4, № 2. С. 120–128. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-pitaniya-shkolnikov-problemy-i-puti-resheniya.pdf>
2. Влияние социально-гигиенических факторов на формирование пищевого статуса детей и подростков/ Е.С. Богомолова [и др.] // *Гигиена и санитария*. 2016. Т. 95, № 9. С. 847–853. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sotsialno-gigienicheskikh-faktorov-na-formirovanie-pishevogo-statusa-detej-i-podrostkov.pdf>
3. Основы рационального питания: учебное пособие / М.М. Лапкин [и др.]; под ред. М.М. Лапкина.— Москва: ГЭОТАР- Медиа, 2019.— 304 с.
4. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Республики Мордовия в 2018 году»/ Упр. федер. службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по РМ, Центр гигиены и эпидемиологии в РМ.— Саранск, 2019.— С. 47–52, 154–155. URL: https://13.rosпотребнадзор.ru/sites/default/files/Doc_ropotreb/gosdoklad_2018_god.doc (дата обращения: 22.11.2022).
5. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Республики Мордовия в 2019 году»/ Упр. федер. службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по РМ, Центр гигиены и эпидемиологии в РМ.— Саранск, 2020.— С. 50–55, 153–154. URL: https://13.rosпотребнадзор.ru/sites/default/files/Doc_ropotreb/gosdoklad_za_2019_god.doc (дата обращения: 22.11.2022).
6. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Республики Мордовия в 2020 году»/ Упр. федер. службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по РМ, Центр гигиены и эпидемиологии в РМ.— Саранск, 2021.— С. 45–50, 143–144. URL: https://13.rosпотребнадзор.ru/sites/default/files/Doc_ropotreb/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_sanitarno-epidemiologicheskogo_blagopoluchiya_naseleniya_v_2020_godu.doc (дата обращения: 22.11.2022).
7. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Республики Мордовия в 2021 году»/ Упр. федер. службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по РМ, Центр гигиены и эпидемиологии в РМ.— Саранск, 2022.— С. 48–53, 148–149. URL: https://13.rosпотребнадзор.ru/sites/default/files/gosdoklad_o_sanepid_blagopoluchii_naseleniya_rm_v_2021g.doc (дата обращения: 22.11.2022).
8. Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по городу Москве, 2022 г. URL: <https://77.rosпотребнадзор.ru/index.php/press-centr/10830-pravilnoe-pitanie-detej-zalog-zdorovya> (дата обращения: 22.11.2022).
9. Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по городу Москве, 2015 г. URL: <https://77.rosпотребнадзор.ru/index.php/press-centr/76-napprav/question/2866-2015-03-13-09-52-11> (дата обращения: 22.11.2022).

© Ляпина Светлана Анатольевна, Семелева Елена Владимировна,
Ванякина Ольга Валерьевна (shtanina37@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОСВЕЩЕНИЕ И ГИГИЕНА ПОЛОСТИ РТА У ПАЦИЕНТОВ, НАХОДЯЩИХСЯ НА ОРТОДОНТИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ. МОТИВАЦИЯ ПАЦИЕНТОВ ПРИ ЛЕЧЕНИИ

DENTAL EDUCATION AND HYGIENE ORAL HYGIENE IN PATIENTS, PATIENTS UNDERGOING ORTHODONTIC TREATMENT. PATIENT MOTIVATION DURING TREATMENT

**S. Miklyaev
A. Salnikov
O. Leonova
A. Kudryavtseva**

Summary. During long-term orthodontic treatment, complications of various origins may arise that are directly related to poor oral hygiene. Poor hygiene may be due to the fact that many tooth surfaces are not always easy for the patient to clean on their own with a fixed orthodontic appliance. We devoted this article to observing oral hygiene and the level of dental education over the period of orthodontic treatment, as well as patient motivation for proper and successful treatment. We surveyed 40 patients between the ages of 18 and 35. The results showed that hygiene levels were unstable and declining over the year, so patients need to be prepared for long-term treatment and informed about proper techniques for individual tooth brushing.

Keywords: fixed orthodontic appliances (FOA), oral hygiene, dental education, motivation, prevention.

Микляев Станислав Валерьевич

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО Тамбовский
государственный университет им. Г.Р. Державина
miklaev@mail.ru

Сальников Александр Николаевич

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО Тамбовский
государственный университет им. Г.Р. Державина

Леонова Ольга Михайловна

Доцент, ФГБОУ ВО Тамбовский государственный
университет им. Г.Р. Державина

Кудрявцева Александра Игоревна

ФГБОУ ВО Тамбовский государственный
университет им. Г.Р. Державина
qkudryavtseva@mail.ru

Аннотация. Во время долгого ортодонтического лечения могут возникнуть осложнения различного происхождения, которые напрямую связаны с неудовлетворительной гигиеной полости рта. Плохая гигиена может быть связана с тем, что при самостоятельной чистке зубов с несъемной ортодонтической конструкцией пациенту не всегда легко даются многие поверхности зубов. Данную статью мы посвятили наблюдению за гигиеной полости рта и уровнем стоматологического просвещения за период ортодонтического лечения, а также мотивации пациентов к правильному и успешному лечению. Мы провели обследование 40 пациентов в возрасте от 18 до 35 лет. Результаты показали, что уровень гигиены за год был нестабильным и снижался, поэтому пациентов нужно подготовить к длительному лечению и проинформировать о правильной методике индивидуальной чистки зубов.

Ключевые слова: несъемные ортодонтические конструкции (НОК), гигиена полости рта, стоматологическое просвещение, мотивация, профилактика.

Введение

Красивая и здоровая улыбка является неотъемлемой частью имиджа благополучного человека. Для достижения этой цели таким людям рекомендуют обратиться к стоматологу-ортодонт и установить брекет-систему. На сегодняшний день установка брекет-систем стала частым явлением среди людей любого возраста. В процессе лечения из-за снижения уровня гигиены полости рта могут возникнуть осложнения, потому как несъемные ортодонтические конструкции создают новые места для образования зубного налета, а в дальнейшем образуются другие стоматологические заболевания, такие как деминерализация твердых тка-

ней зубов с последующим образованием кариозных полостей, гингивит, пародонтит.

Чтобы не допустить такие последствия и получить нужный результат в ходе лечения, пациентов необходимо обучить правильной гигиене полости рта и обязательно проконтролировать данный процесс. Не мало важно, чтобы пациент был достаточно мотивирован, чтобы получить красивую и здоровую улыбку. К тому же такие цели актуальны не только для детей, но и для взрослых.

Цель проведенного исследования: проанализировать уровень гигиенического состояния полости рта

Таблица 1.

Возраст	Женщины (чел.)	Мужчины (чел.)
18–25 лет	3	7
26–30 лет	12	9
31–35 лет	4	5

Таблица 2. Гигиенические предметы для полости рта

Средства гигиены	Возраст	Количество лиц	Всего
мануальная щетка	18–25	25,2%	85,4%
	26–30	28,6%	
	31–35	31,6%	
ортодонтическая щетка	18–25	35,8%	93,2%
	26–30	32,3%	
	31–35	25,1%	
ершик	18–25	40,7%	100%
	26–30	31,4%	
	31–35	27,9%	
монопучковая щетка	18–25	27,5%	64,2%
	26–30	21,4%	
	31–35	15,3%	
суперфлосс	18–25	5,1%	14%
	26–30	4,6%	
	31–35	4,3%	
ирригатор	18–25	2,9%	6%
	26–30	2%	
	31–35	1,1%	

и стоматологического просвещения, а также понять, почему важна мотивация пациентов в процессе лечения брекет-системой.

Материалы и методы

Было обследовано 40 пациентов в возрасте от 18 до 35 лет с брекет-системой, которые находились на лечении один месяц. Повторные приемы мы проводили через полгода и год.

Всех пациентов распределили по возрасту и гендерному признаку (табл. 1):

Для этих пациентов проводили комплекс мероприятий по гигиене: профессиональная гигиена с использованием пародонтологического инструментария, контролируемая чистка зубов, обучение индивидуальной чистке с подбором средств для каждого пациента: зубной пасты, ополаскивателя, пенки. А также предметов: зубные щетки, монопучковые щетки, ершик, суперфлосс, ирригатор, и изменение питания. Оценка стоматологического статуса всех пациентов осуществлялась по рекомендациям и критериям ВОЗ.

Также мы проанализировали многочисленные методики чистки зубов при ношении брекет-систем, из которых выбрали комплексную. Именно она позволяет применять рекомендации врача для каждого пациента индивидуально.

В начале исследования мы изучили анамнез, наследственную предрасположенность и проводимые ранее лечебные и профилактические мероприятия, сопутствующие заболевания, которые могли привести к патологиям тканей пародонта. Определили прикус, наличие трем и диастем, наличие и отсутствие зубов в зубном ряду, состояние пломб и протезов. Спросили, когда последний раз проводили профессиональную гигиену полости рта.

Используя зонд, определили глубину пародонтальных карманов. При осмотре тканей десны оценили цвет слизистой, имеется ли отек, гиперемия или наличие кровоточивости десен.

В данном исследовании мы использовали гигиенические индексы, чтобы оценить качество самостоятельной гигиены полости рта, и после контрольной чистки

Таблица 3. Средства для ополаскивания полости рта

Используемое средство	Возраст	Количество лиц	Всего
ополаскивали водой	18–25	14,6%	37,5%
	26–30	11,9%	
	31–35	11%	
ополаскиватель	18–25	17,3%	46,2%
	26–30	16,8%	
	31–35	12,1%	
специализированная пенка	18–25	6,2%	16,3%
	26–30	5,4%	
	31–35	4,7%	

Таблица 4. Гигиенические предметы для полости рта

Средства гигиены	Возраст	Количество лиц	Всего
мануальная щетка	18–25	35%	93%
	26–30	29,9%	
	31–35	28,1%	
ортодонтическая щетка	18–25	28,1%	79%
	26–30	17,8%	
	31–35	33,1%	
ершик	18–25	40,7%	100%
	26–30	27,9%	
	31–35	31,4%	
монопучковая щетка	18–25	22,2%	60,5%
	26–30	19,6%	
	31–35	18,7%	
суперфлосс	18–25	4,6%	14%
	26–30	5,1%	
	31–35	4,3%	
ирригатор	18–25	1,1%	6%
	26–30	2%	
	31–35	2,9%	

зубов. Это дает возможность выстроить план дальнейшего лечения пациентов. Мы применяли следующие гигиенические индексы: РМА, ОНI-S (Green J., Vermillion J.) и индекс кровоточивости десен по Muhleman.

Исследование проводилось на базе кафедры стоматологии Медицинского института ФГБОУ ВО ТГУ им. Г.Р. Державина.

Результаты исследования

При проведении клинических обследований мы выявили значительную распространённость воспалительных заболеваний тканей пародонта у пациентов с несъемными ортодонтическими конструкциями. Согласно опросу 40 пациентов, было установлено, что у 17 из них (в возрасте 26–30 лет, чаще женщины) ос-

новной мотивацией для посещения стоматолога являлось поддержание здоровья полости рта. Остальные 23 пациента не считали важным проводить плановое посещение врача-стоматолога.

В начале лечения для ежедневной гигиены полости рта пациенты использовали рекомендуемые врачом-ортодонтом и гигиенистом средства для полости рта: помимо привычной мануальной щетки рекомендована ортодонтическая щетка для лучшего очищения зубов с брекет-системой, межзубный ершик, монопучковая щетка, суперфлосс и ирригатор. Для ополаскивания полости рта рекомендовали использовать ополаскиватель или специализированную пенку.

На протяжении 1 месяца с НОК 37 пациентов (93,2%) приобрели ортодонтическую щетку, межзубный ершик

Таблица 5. Средства для ополаскивания полости рта

Используемое средство	Возраст	Количество лиц	Всего
ополаскивали водой	18–25	21,7%	54,8%
	26–30	16,6%	
	31–35	16,5%	
ополаскиватель	18–25	17,1%	31%
	26–30	8,2%	
	31–35	5,7%	
специализированная пенка	18–25	5,3%	14,2%
	26–30	4,9%	
	31–35	4%	

Таблица 6. Гигиенические предметы для полости рта

Средства гигиены	Возраст	Количество лиц	Всего
мануальная щетка	18–25	32,3%	97%
	26–30	30,4%	
	31–35	34,3%	
ортодонтическая щетка	18–25	25,5%	75%
	26–30	20,8%	
	31–35	28,7%	
ершик	18–25	32,4%	96%
	26–30	28,6%	
	31–35	35%	
монопучковая щетка	18–25	22,2%	60,5%
	26–30	19,6%	
	31–35	18,7%	
суперфлосс	18–25	4,6%	14%
	26–30	5,1%	
	31–35	4,3%	
ирригатор	18–25	1,1%	6%
	26–30	2%	
	31–35	2,9%	

использовали все 40 пациентов, монопучковую щетку — 26 (64,2%) пациентов, суперфлоссом воспользовались 5 (14%) человек, а ирригатором трое (6%). Ополаскиватель использовали 18 пациентов (46,2%), специализированную пенку — 6 (16,3%), предпочли ополаскивать обычной водой 15 пациентов (37,5%) (табл. 2, 3).

Через полгода после повторного приема качество гигиены снизилось из-за пренебрежения рекомендованными средствами. Использование мануальной щетки возросло на 7,6%. Следовательно, ортодонтическую щетку не стали вновь покупать 6 пациентов. Межзубным ершиком пользовались все также 40 пациентов. Монопучковую щетку стали использовать 24 (60,5%) пациента, количество пациентов, использовавших ирригатор и суперфлосс не изменилось. Также использовать ополаскиватель стали 12 (31%) пациентов, специализированную пенку — пятеро (14,2%) (табл. 4, 5).

Через год после установления брекет-систем ортодонтической щеткой пользовались 30 (75%) пациентов, мануальной щеткой — 39 (97%), межзубным ершиком — 38 (96%) пациентов, монопучковой щеткой также 24 (60,5%) пациента, количество пациентов, использовавших ирригатор и суперфлосс также не изменилось. Ополаскивать полость рта водой стали 28 (71%) пациента, использование ополаскивателя снизилось до 6 (15%) человек, специализированную пенку использовали 5 (14%) человек (табл. 6, 7).

Анализируя гигиенические навыки по количеству проводимых чисток, мы установили, что с момента первого месяца лечения и каждые последующие полгода уровень гигиены полости рта снижался за счет сокращения чистки зубов у пациентов с НОК. На начало лечения чистка 3 раза в день составляла 34,2%, а через год снизилась до 23,1%. Тогда как с начала лечения 1 раз

Таблица 7. Средства для ополаскивания полости рта

Используемое средство	Возраст	Количество лиц	Всего
ополаскивали водой	18–25	23,6%	71%
	26–30	22,1%	
	31–35	25,3%	
ополаскиватель	18–25	5,1%	15%
	26–30	3,2%	
	31–35	6,7%	
специализированная пенка	18–25	4,6%	14%
	26–30	5,2%	
	31–35	4,2%	

Таблица 8. Количество проводимых чисток зубов за сутки на начало лечения, через полгода и год

Количество чисток в день	Начало лечения			Через полгода			Через год		
	18–25	26–30	31–35	18–25	26–30	31–35	18–25	26–30	31–35
3 раза	13,3%	12,8%	8,1%	10,8%	9,5%	7,2%	7,6%	8,8%	6,7%
2 раза	22,4%	18,9%	17,2%	23,1%	20,7%	19,4%	22,7%	19,4%	18,7%
1 раз	3,3%	2,6%	1,4%	3,9%	2,8%	1,7%	4,0%	2,9%	2,2%

Таблица 9. Средняя оценка по индексам пациентов с НОК

Индекс	Начало исследования			6 месяцев			12 месяцев		
Возраст	18–25	26–30	31–35	18–25	26–30	31–35	18–25	26–30	31–35
OHI-S	0,5	0,4	0,2	0,8	1,0	0,9	1,0	1,1	1,2
PMA	27,1%	31,2%	32,0%	27,3%	31,3%	31,8%	26,9%	29,2%	28,6%
Muhleman	0,2	1,1	1,3	0,3	1,2	1,4	0,1	0,8	0,9

в день зубы чистили 7,3% пациентов на момент начала лечения, через год это количество возросло до 9,1% (табл. 8).

При обследовании тканей пародонта пациентов в возрасте 26–30 лет мы выявили изменение маргинальной части десны, что привело к легкой степени пародонтита. Пациенты в возрасте 31–35 лет страдали средней и тяжелой стадией пародонтита. Наличие гингивита обнаружили практически у всех пациентов, в возрасте 18–25 лет — легкая степень, 26–35 — средняя степень. Анализируя полученные данные, можно сказать о взаимосвязи срока прохождения ортодонтического лечения и выраженности заболеваний тканей пародонта. В дальнейшем чем дольше проходило лечение, тем ниже становился уровень гигиенического состояния полости рта (табл. 9).

Перед ортодонтическим лечением в начале нашего исследования пациентам провели профессиональную гигиену полости рта с использованием ультразвукового скалера и Air-Flow. После этого пациентам было рекомендовано проводить профессиональную чист-

ку каждые 3 месяца. По данным проведенного нами исследования через 3 месяца только 63% пациентов последовало этим рекомендациям, через 6 месяцев количество пациентов возросло до 75%, ровно через год уже до 94%.

В результате исследования также было выяснено, что для получения желаемого результата после длительного ортодонтического лечения, помимо проводимых мер для чистки зубов и несъемных ортодонтических конструкций, пациентам необходима мотивация и коррекция питания для поддержания высокого уровня гигиены полости рта.

В питании мы советуем внести следующие изменения:

1. Повышение содержания легкоусвояемых ионов кальция, с целью увеличения минерализующей функции слюны.
2. Снижение содержания легкоусвояемых углеводов.
3. Повышение содержания эндорфинов для повышения настроения пациентов.

4. Повышение содержания продуктов, смещающих рН в слабощелочную сторону.

Чтобы пациенты смогли легко привыкнуть к брекет-системе, мы советуем больше проводить время на свежем воздухе, совмещая с любимым видом спорта, а также общение с близкими и друзьями.

Какие бы рекомендации не давал врач пациентам, безусловно, успех профилактики зависит от мотивации пациентов в проводимом лечении. Уход за полостью рта затрудняется тем, что помимо использования привычных средств, после постановки брекет-системы пациенту необходимо использовать множество новых дополнительных средств для ухода за ортодонтическими конструкциями. Они же, безусловно, изнашиваются или деформируются, и это приводит к дополнительным материальным затратам. Поэтому пациентам рекомендуют проводить несколько самомотивирующих упражнений.

Упражнение 1 называется «Активизируем наше воображение». Чем лучше пациент вообразит свою красивую и здоровую улыбку, тем выше эффект будет от упражнения. Основная его цель: пациент должен по-новому относиться к работе своего врача, она должна заинтересовать его. Необходимо создать детальную картину того, как пациент длительное время шел к своей цели, потратил также много средств, что

не мало важно, ответственно подходил ко всем советам врача.

Упражнение 2 — «Прошлый успех». Цель данного упражнения: вспомнить положительные эмоции, которые связаны с успешным достижением прошлых целей для создания новых. Необходимо в голове визуализировать детальную картину прошлых событий. Вспомнить все ощущения, переживания, движения, эмоции, звуки этого события. Далее подумать о своей будущей цели — красивой улыбке. Совместить две картины достигнутых целей. Пациент должен пережить все позитивные эмоции и успех от будущего успешного достижения цели так, как это он ощущал в прошлом.

Заключение

Таким образом, согласно проведенному исследованию, можно подвести следующие итоги: мы выяснили, что тщательно информировать пациентов о дальнейшей сложной и длительной работе, о средствах гигиены полости рта, их правильном использовании является необходимыми этапами перед длительным лечением. Также хочется отметить, что помимо врача-ортодонта в клиниках должны быть стоматолог-терапевт и стоматологический гигиенист. Их работа заключается в улучшении и поддержании гигиены полости рта, повышении стоматологического просвещения, формировании у пациентов мотивации к гигиеническим процедурам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бекирова Ф.М., Ларькина Е.А., Гянджали Н.Т. Ошибки и осложнения при ортодонтическом лечении. БМИК. 2013; 9: 1077.
2. Децык О.Р., Долгих Е.А. Гигиеническое состояние полости рта у пациентов, находящихся на ортодонтическом лечении. Вестник Здоровье и Образование в XXI веке. 2008; 5: 227.
3. Усачев В.В., Жук А.О., Суетенков Д.Е., Захаров А.В. Сравнительная оценка эффективности средств гигиены полости рта, содержащих комплекс Триклогарад и растительные экстракты, у пациентов, находящихся на ортодонтическом лечении с применением несъемной дуговой аппаратуры. Саратовский научно-медицинский журнал. 2011; 1: 334–6.
4. Свириденкова Е.С. Гигиеническое состояние ортодонтических лигатур: клиничко-лабораторное исследование. Смоленский медицинский альманах. 2016; 1: 209–13.
5. Клитинская О.В. Психологические аспекты мотивации пациентов, которые имеют несъемные ортодонтические конструкции к ежедневной гигиене полости рта. Вісник проблем біології і медицини. 2013; 1: 242–4.
6. Гонтарев С.Н., Чернышова Ю.А., Федорова И.Е., Гонтарева И.С. Воспалительные заболевания слизистой оболочки полости рта при использовании съемной и несъемной ортодонтической аппаратуры. Научные ведомости БелГУ. Серия: Медицина. Фармация. 2013; 154 (11): 15–8.
7. Кузьмина Э.М. Профилактика стоматологических заболеваний. М.: ПолиМедиаПресс, 2001. 216 с.
8. Улитовский С.Б. Гигиена полости рта в ортодонтии и ортопедической стоматологии. М.: Медицинская книга, 2003. 220 с.

БАРИАТРИЧЕСКАЯ ХИРУРГИЯ КАК ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ЛЕЧЕНИЯ МОРБИДНОГО ОЖИРЕНИЯ

BARIATRIC SURGERY AS A FUNDAMENTAL METHOD FOR THE TREATMENT OF MORBID OBESITY

**S. Muzhikov
M. Eremenko
A. Baryshev**

Summary. The article considers bariatric surgery as a fundamental method of treating morbid obesity. Bariatric surgery is defined as a surgical procedure performed by a physician within the digestive tract to reduce a person's body weight. A theoretical analysis of scientific papers on the research problem was carried out. The classification of bariatric surgeries is given. The mechanisms of the impact of bariatric operations, the main purpose of which is to reduce excess body weight, have been identified. Contraindications for use in the fight against morbid obesity are highlighted. It is concluded that due to possible side effects after operations, today bariatric surgery is in the process of improvement, doctors are upgrading their skills in the framework of new technologies and developed methods, principles, methods of performing operations to restore the patient's body and combat morbid obesity.

Keywords: morbid obesity, bariatric surgery, «fast track» principle, metabolic effect, endovideosurgical method.

Мужиков Станислав Петрович

Кандидат медицинских наук, Кубанский государственный медицинский университет, НИИ-краевая клиническая больница № 1
stas200682@mail.ru

Еременко Марина Юрьевна

Лаборант, Кубанский государственный медицинский университет
eremtkamarinka@mail.ru

Барышев Александр Геннадьевич

Кубанский государственный медицинский университет, заместитель главного врача по хирургической части НИИ-Краевая клиническая больница № 1

Аннотация. В статье рассматривается бариатрическая хирургия как фундаментальный метод лечения морбидного ожирения. Бариатрическая хирургия определена как хирургическое вмешательство, которое выполняется врачом в границах пищеварительного тракта для снижения массы тела человека. Проведен теоретический анализ научных работ по проблеме исследования. Приведена классификация бариатрических операций. Выявлены механизмы воздействия бариатрических операций, основной целью которых является снижение избыточной массы тела. Выделены противопоказания к использованию в борьбе с морбидным ожирением. Сделан вывод о том, что в связи с возможными побочными эффектами после операций на сегодняшний день бариатрическая хирургия находится в стадии совершенствования, врачи модернизируют свои навыки в рамках новых технологий и разработанных методик, принципов, методов проведения операций для восстановления организма пациента и борьбе с морбидным ожирением.

Ключевые слова: морбидное ожирение, бариатрическая хирургия, принцип «fast track», метаболический эффект, эндовидеохирургический метод.

В современном мире большинство людей страдают ожирением в связи с метаболическими нарушениями организма. Бариатрическая хирургия является одним из самых эффективных методов лечения патологического ожирения ключевых составляющих метаболического синдрома.

Основной целью бариатрической хирургии является уменьшение веса пациента и нормализация метаболических эффектов, необходимых для обеспечения баланса в человеческом теле. Попытки врачей улучшить метаболизм у людей, страдающих морбидным ожирением, в науке появился новый термин «метаболическая хирургия» [6].

Согласно научным источникам, бариатрическая хирургия появилась в середине XX в. Ее развитие позволило высококвалифицированным специалистам пересмотреть хирургические вмешательства, акцентировать внимание на применении новых усовершенствованных технологий в рамках анестезиологии, минимизировать побочные эффекты после операций, а также предоставить пациентам уверенность в максимальном ожидаемом результате [5].

На сегодняшний день морбидное ожирение представляет собой достаточно распространенную проблему. При обращении в клинику за медицинской помощью, пациенты стремятся получить положительный

результат. Развитие медицинских технологий позволяет найти наиболее эффективное решение данной проблемы.

Бариатрическая хирургия интерпретируется как хирургическое вмешательство, которое выполняется врачом в границах пищеварительного тракта для снижения массы тела человека [2]. Изучая проблематику бариатрической хирургии сегодня, следует выделить морбидное ожирение, которое представлено с индексом массы тела (ИМТ) ≥ 40 кг/м² или с ИМТ ≥ 35 кг/м², когда имеются острые осложнения проблемы со здоровьем, связанные с ожирением.

После первой бариатрической операции (1952 г.), проведенной V. Henriksson, целью которой было достигнуть метаболического эффекта, прошло 70 лет и врачи продолжают совершенствовать свои умения в проведении качественных медицинских операций. Ввиду современных нововведений, на сегодняшний день бариатрическая хирургия изменила свой подход к решению данной ситуации. Первые операции были связаны с еюноилеошунтированием: мальабсорбтивный эффект в тонкой кишке, полученный за счет шунтирования. Далее хирурги предприняли попытки проводить рестриктивные операции, в частности, горизонтальную гастропластику. При этом несмотря на эффективность рестриктивной операции, у пациентов наблюдались мальабсорбтивные нарушения, которые требовали пожизненного приема витаминно-минеральных добавок, а затем и повторного хирургического вмешательства.

Опытные исследования бариатрической хирургии в начале XXI в. акцентировали внимание продольной резекции желудка (ПРЖ). Переход врачей от еюноилеошунтирования и рестриктивной операции к продольной резекции желудка объясняется высокой эффективностью вследствие удаления грелин-продуцирующей зоны, что подробно освещается в труде отечественных авторов (Е. Бирюкова, Н. Бондаренко, Н. Бордана, И. Дедова, Н. Мазурина, Н. Мельниченко, Н. Неймарк, М. Шестакова, Ю. Яшкова и других) [2].

В России начало XXI в. ознаменовалось важными достижениями: хирурги усовершенствовали навыки в проведении операций по борьбе с морбидным ожирением и начали применять новый эндовидеохирургический метод.

Российские исследователи В. Кащенко, А. Неймарк, В. Стрижелецкий обращают внимание в своей работе на бариатрическую хирургию, ее историю развития; патогенез, этиологию, лечение и влияние данной хирургии на морбидное ожирение. В труде авторы выделяют технологию, которая позволяет эффективно проводить

хирургическую операцию, применяя новое медицинское оборудование и осуществлять небольшие разрезы на внутренних органах без рассечения обширных кожных покровов: эндовидеохирургический метод позволяет достичь максимальной эффективности в бариатрической хирургии [1].

И. Дедов выделяет классификацию бариатрических операций, распределяя их на три ключевых группы:

1. Рестриктивные операции. К данному виду операций автор относит бандажирование желудка, установку внутрижелудочного баллона, продольную резекцию желудка, гастропластику, то есть тот вид операций, который позволяет минимизировать прием пищи пациенту.
2. Мальабсорбтивные операции (еюноколоношунтирование и еюноилеошунтирование), важной задачей которых является уменьшение площади всасывания в кишечнике.
3. Мини-гастрошунтирование, желудочное шунтирование по Ру, билиопанкреатическое шунтирование с выключением двенадцатиперстной кишки в модификации Hess-Marceau, билиопанкреатическое шунтирование с единственным дуоденоилеоанастомозом (модификация SADI), то есть комбинированные операции, способные помочь решить проблему пациента с морбидным ожирением и др. [3].

Анализ зарубежных специализированных трудов М. Askarpour [7], S.A. Brethauer [8], K. Kolle [11], J. Ruiz-Tovar [12], N. Scopinaro [14; 15], J. Zhou [13] предоставляет возможность изучить механизмы воздействия бариатрических операций, основной целью которых является снижение избыточной массы тела. Достижение эффективности в данной области заключается в применении следующих механизмов: рестриктивного компонента, инкритинового эффекта, изменения уровней грелина и лептина, мальабсорбтивного компонента, снижения постпрандиального уровня глюкозы, сочетания ожирения и неблагоприятной колонизации кишечной микрофлоры; увеличения концентрации адипонектина и снижения уровней лептина и хемерина. В связи с этим бариатрическая хирургия в настоящее время работает более эффективно, а представленные механизмы помогают не только провести качественную операцию, но и решить следующие задачи:

1. уменьшить объем желудка и площадь всасывания тонкой кишки;
2. компенсировать гуморальные нарушения, что позволяет обеспечить инсулиновый и эндокринный баланс;
3. снизить уровень лептина и грелина после бариатрических вмешательств;
4. обеспечить анорексигенный эффект операции;

5. увеличить концентрацию адипонектина;
6. минимизировать постпрандиальный уровень глюкозы.

М. Fried упоминает в работе об исследовании с животными: в рамках труда автор обращает внимание на перенос кишечной микрофлоры мышей после желудочного шунтирования в кишечник неоперированных животных — это способствовало снижению массы тела, что доказывает эффективность методов и механизмов бариатрической хирургии в снижении веса не только у человека, но и у животных [10].

Исследования научной специализированной литературы доказывает актуальность применения бариатрической хирургии. Тем не менее следует выделить существующие противопоказания к использованию данных методов в борьбе с морбидным ожирением. И. Дедов указывает на язвенную болезнь желудка, онкологические заболевания, беременность, наличие психических расстройств, болезнь двенадцатиперстной кишки, почечную и печеночную недостаточность и другие болезни [3]. В таких случаях пациент должен предупредить специалиста, который при обнаружении подобных болезней (или беременности) в обязательном порядке вынужден отказать в помощи пациенту с морбидным ожирением во избежание летального исхода.

Фрагментарное исследование современных научных источников указывает на важность послеоперационного состояния пациента. В. Дорджиев, В. Седов, М. Фишман подчеркивают необходимость в использовании мультидисциплинарного подхода, а именно тесную работу с рядом врачей, в частности, диетологом, терапевтом, бариатрическим хирургом, пульмонологом, эндокринологом, гастроэнтерологом, фитнес-тренером и психологом, что крайне необходимо для полного восстановления сил и продолжения активной жизнедеятельности пациента [4].

В. Дорджиев, В. Седов, М. Фишман пишут о важности послеоперационного периода пациента, указывая на то, что бариатрическая хирургия заключается не только в проведении самой операции, но и в правильном назначении прокинетики, анальгетиков, электролитных и спазмолитических компонентов в инфузии для восстановления сил человека [4; 6]. После бариатрической операции не стоит пренебрегать ингибиторами протонной помпы, анальгетиками и прокинетики, которые составляют неотъемлемую часть в послеоперационных мероприятиях.

Исследования научных работ по восстановлению здоровья пациента после бариатрической операции

с морбидным ожирением указывает на необходимый контроль и проведение различных мероприятий по восстановлению организма, акцентируется внимание на включение низкомолекулярных гепаринов, эластическую компрессию нижних конечностей, проверку артериального давления, уровня гликемии, коррекцию терапии профильными специалистами.

Наблюдается успешное проведение бариатрических операций по борьбе с ожирением при соблюдении всех медицинских протоколов — в таком случае обеспечивается эффективность самой операции и восстановление организма. Следует обратить внимание на труд зарубежного исследователя J. Dang, который описывает принципы «fast track» [9]. J. Dang J. подчеркивает необходимое применение вышеупомянутого принципа в бариатрической хирургии в целях минимизации риска различных осложнений после проведения операций по морбидному ожирению. Автор выделяет задачи принципа, основа которых состоит во включении раннего энтерального питания, мультимодальной анальгезии, обязательной профилактики послеоперационной тошноты и рвоты [9]. Кроме того, по мнению исследователя, что, учитывая возможные осложнения после операции, принцип «fast track» способствует подготовке профилактики тромбоэмболических осложнений, назначению лечебной физкультуры, физиотерапии, появлению возможности на раннее удаление катетеров и абдоминальных дренажей.

Итак, подводя итоги исследования проблематики бариатрической хирургии как фундаментального метода лечения морбидного ожирения, в первую очередь, стоит обратить внимание на противопоказания у пациента. При их наличии перед проведением операции необходимо тщательно ознакомить пациента с послеоперационным периодом, медицинскими мероприятиями и перечнем всех необходимых процедур для полного восстановления организма во избежание осложнений. Несмотря на эффективность проведения бариатрических операций, наблюдается ряд осложнений, что может негативно повлиять на развитие сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета II типа, холестериновый обмен, течение неалкогольной жировой болезни печени, репродуктивную систему, синдром обструктивного апноэ сна.

В связи с возможными побочными эффектами после операций на сегодняшний день бариатрическая хирургия находится в стадии совершенствования, врачи модернизируют свои навыки в рамках новых технологий и разработанных методик, принципов, методов проведения операций для восстановления организма пациента и борьбе с морбидным ожирением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бариатрическая хирургия: учеб.-метод. пособие / В.А. Кащенко, В.В. Стрижелецкий, А.Е. Неймарк [и др.]. СПб., 2020. 48 с.
2. Дедов И.И., Мельниченко Г.А., Шестакова М.В., Трошина Е.А., Мазурина Н.В., Шестакова Е.А., Яшков Ю.И., Неймарк А.Е. и соавт. Лечение морбидного ожирения у взрослых / И.И. Дедов, Г.А. Мельниченко, М.В. Шестакова, Е.А. Трошина, Н.В. Мазурина, Е.А. Шестакова, Ю.И. Яшков, А.Е. Неймарк и соавт. // Ожирение и метаболизм. 2018. Т. 15. № 1. С. 53–70.
3. Дедов И.И. и др. Национальные клинические рекомендации по лечению морбидного ожирения у взрослых. 3-й пересмотр: Лечение морбидного ожирения у взрослых / И.И. Дедов // Ожирение и метаболизм. 2018. № 15 (1). С. 53–70.
4. Дорджиев В.Э. и др. Изучение популяции лимфоцитов с предоперационной нутритивной поддержкой при хирургическом вмешательстве на органах ЖКТ / В.Э. Дорджиев и др. // Экстр. мед. 2017. Т. 6, № 3. С. 367–368.
5. Основы бариатрической медицины: практ. рук. / под ред. М.Б. Фишмана. СПб.: Издательско-полиграф. ассоциация учеб. завед., 2019.
6. Седов В.М., Фишман М.Б. Лапароскопическая хирургия ожирения: практ. рук.: атлас. / В.М. Седов, М.Б. Фишман. СПб., 2009. 192 с.
7. Askarpour M. et al. Effect of Bariatric Surgery on the Circulating Level of Adiponectin, Chemerin, Plasminogen Activator Inhibitor-1, Leptin, Resistin, and Visfatin: A Systematic Review and Meta-Analysis // Horm Metab Res. 2020. № 52 (4). Pp. 207–215.
8. Brethauer S.A. et al. Employing Enhanced Recovery Goals in Bariatric Surgery (ENERGY): a national quality improvement project using the Metabolic and Bariatric Surgery Accreditation and Quality Improvement Program. Surgery for Obesity and Related Diseases // Surg. Obes. Relat. Dis. 2019. № 15 (11). Pp. 1977–1989.
9. Dang J.T. et al. Canadian consensus statement: enhanced recovery after surgery in bariatric surgery // Surgical Endoscopy. 2019. № 4. Pp. 44–60.
10. Fried M. et al. Interdisciplinary European guidelines on metabolic and bariatric surgery. International Federation for the Surgery of Obesity and Metabolic Disorders — European Chapter (IFSO-EC) and European Association for the Study of Obesity (EASO) // Obes Surg. 2014. № 24 (1). Pp. 42–55.
11. Kelle K. Gastric banding // OMGI 7 Congress. Stockholm, 1982. Pp. 37–39.
12. Ruiz-Tovar J. Enhanced recovery after bariatric surgery // Cir Esp. 2019. № 97 (10). Pp. 551–559.
13. Zhou J. et al. Metformin: An Old Drug with New Applications // Int. J. Mol. Sci. 2018. № 21. Pp. 19–25.
14. Scopinaro N. et al. Biliopancreatic diversion for obesity at eighteen years // Surgery. 1996. Vol. 119. № 3. Pp. 261–268.
15. Scopinaro N. IFSO and obesity surgery throughout the world // Obesity Surgery. 1998. Vol. 8. Pp. 3–8.

© Мужиков Станислав Петрович (stas200682@mail.ru),
Еременко Марина Юрьевна (eremkamarinka@mail.ru), Барышев Александр Геннадьевич.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АЛГОРИТМ ПРОВЕДЕНИЯ НУТРИТИВНОЙ ПОДДЕРЖКИ БОЛЬНЫМ ГЕНЕРАЛИЗОВАННЫМИ ФОРМАМИ РАКА ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА

ALGORITHM OF NUTRITIONAL SUPPORT FOR PATIENTS WITH GENERALIZED FORMS OF GASTROINTESTINAL CANCER

**O. Petrova
M. Petrova**

Summary. The article presents the data of the examination on the bioimpedance measurement device and the subsequent nutritional support of the nutritional status of patients with cancer of the digestive organs. The results of clinical blood tests are described in detail, physical functioning and self-care are determined before the start of the study and after 3 months, and based on the results obtained, an algorithm for providing nutritional support to patients with generalized forms of digestive cancer is developed.

Keywords: malignant neoplasms, bioimpedance, gastrointestinal tract, nutritional support, physical functioning, self-care.

Петрова Ольга Михайловна

Аспирант, ГОУ ВПО Башкирский государственный медицинский университет, ГБУЗ Республиканский клинический онкологический диспансер МЗ РБ, г. Уфа
Foxy1906@mail.ru

Петрова Марина Владимировна

ГОУ ВПО Башкирский государственный медицинский университет, ИДПО ГБУЗ Республиканский клинический онкологический диспансер МЗ РБ, г. Уфа
marinapetrova.03@mail.ru

Аннотация. В статье представлены данные обследования на аппарате биоимпедансометрии и последующего проведения нутритивной поддержки нутритивного статуса больных раком органов пищеварения. Подробно изложены результаты клинических анализов крови, определены физическое функционирование и самообслуживание до начала исследования и через 3 месяца и на основе полученных результатов разработан алгоритм проведения нутритивной поддержки больным генерализованными формами рака органов пищеварения.

Ключевые слова: злокачественные новообразования, биоимпедансометрия, желудочно-кишечный тракт, нутритивная поддержка, физическое функционирование, самообслуживание.

Актуальность

Многочисленные исследования, как в отечественной, так и зарубежной литературе свидетельствуют о том, что большинство пациентов нуждающихся в коррекции нутритивного статуса в онкологической практике — это больные генерализованными формами рака желудочно-кишечного тракта (ЖКТ). [1, 5, 9] Снижение нутритивного статуса, неблагоприятно влияет не только на прогноз самого заболевания, но и на качество жизни пациента в целом. [2, 3, 6, 9] Биоимпедансометрия — это инструментальный метод диагностики состава тела человека, позволяющий выявить нутритивную недостаточность на самых ранних стадиях, что позволяет вовремя начать коррекцию нутритивного статуса пациента. [4, 7, 8, 10, 11]

Материалы и методы

Отбор пациентов для исследования на нутритивную недостаточность, на анализаторе биоимпедансоме-

трии, производился из числа пациентов, получивших лечение в отделение общей онкологии на койках паллиативной помощи в 2020 году. Всего было отобрано 153 человека — это пациенты со злокачественными новообразованиями (ЗНО) органов пищеварения, генерализованной формой, и прогнозом для жизни 6 и более месяцев.

Все пациенты, обследованные на анализаторе биоимпедансометрии, разделены на 3 группы, в зависимости от проведения нутритивной поддержки и применения полиненасыщенных жирных кислот Омега — 3:

- ◆ 1-я группа (n=51) — пациенты получали нутритивную поддержку и паллиативное лечение (симптоматическое+противоболевое);
- ◆ 2-я группа (n=49) — пациенты получали нутритивную поддержку, полиненасыщенные жирные кислоты Омега — 3 и паллиативное лечение (симптоматическое+противоболевое),
- ◆ 3-я группа (n=53) — контрольная, пациенты получали паллиативное лечение (симптоматическое+противоболевое).

Далее проведены исследования периферической (гемоглобин, эритроциты, лимфоциты) и венозной крови (общий белок, альбумин, глобулин) перед началом лечением и через три месяца. После чего был проведен анализ влияния нутритивной поддержки и симптоматической терапии на качество жизни пациентов и разработан алгоритм нутритивной поддержки больных с генерализованными формами рака ЖКТ.

Статистическая обработка данных производилась средствами Microsoft Windows XP с помощью компьютерных программ Microsoft Word XP, Microsoft Excel XP. В работе были использованы следующие сборы информации: ретроспективные наблюдения, опрос. В процессе обработки и анализа материалов исследований применялись аналитический метод и методы санитарной статистики (оценка достоверности различий средних и относительных величин).

Результаты исследования

Проведя анализ данных обследования на анализаторе биоэмпедансометрии, можно сделать следующие выводы, что около 50% пациентов (52,2% — мужчин, 42,6% — женщин) имели снижение жировой массы. Лишь у 31,5% мужчин (29 пациентов) и у 23% женщин (14 пациентов) жировая масса находилась в пределах нормы. Избыточная жировая масса отмечалась у 16,3% мужчин (15 пациентов) и у 34,4% женщин (21 пациент).

Имея результаты содержания жира в организме пациентов, полученные при биоэмпедансной диагностике, а также фактический вес, нами рассчитан процент жировой массы. Принято считать, что если количество жировой массы составляет до 24% — истощение; от 25 до 29 — норма; от 30 до 34% — избыточный вес; 35% и выше — ожирение.

Из всей совокупности обследуемых имели истощение 70,4% больных, лишь 10,5% имели нормальный вес, а 10,7% и 8,3% соответственно избыточный и ожирение различной степени.

С помощью полученных результатов измерения водных секторов организма мы смогли сделать заключение об уровне основного обмена веществ у пациентов. Так установлено, что основной обмен был понижен у 98 пациентов (64,1%), лишь у 36 (23,5%) — остался в пределах нормы, а у 19 больных (12,4%) был повышен.

Основную долю больных с пониженным обменом веществ составили лица со снижением потребления питательных веществ от 101 до 400 ккал, причем от 101 до 300 ккал у женщин и от 201 до 400 ккал у мужчин. Кроме того у мужчин чаще (более чем в 2 раза) встреча-

ются тяжелые формы нарушения обмена питательных веществ от 401 и более ккал.

Таким образом, полученные результаты исследований на анализаторе биоэмпедансометрии, позволяет грамотно оценить нутритивный статус больных генерализованными формами рака, разработать индивидуальную коррекцию массы тела путем использования нутритивной поддержки, что в свою очередь позволяет улучшить качество и продолжительность жизни.

Для оценки эффективности коррекции белково-энергетической недостаточности у больных генерализованными формами рака желудочно-кишечного тракта все пациенты, обследованные на анализаторе биоэмпедансометрии, как было указано выше разделены на 3 группы.

Для нутритивной поддержки использовался — нутридринк компакт протеин (Nutridrink compact protein 125 мл — 300 ккал, белок — 18 гр) по 125 мл 2 раза в сутки, а в качестве источника ПНЖК 3-Омега использовались желатиновые капсулы Витрум Омега-3-1000мг по 1 капсуле 1 раз в сутки.

Установление факта влияния трофологической поддержки и ПНЖК Омега — 3 на изменение нутритивного статуса пациентов оценивался путем контроля показателей периферической и венозной крови. При этом в анализе периферической крови учитывалось количество гемоглобина, эритроцитов и лимфоцитов до начала исследования и через три месяца после начала лечения.

В результате анализа полученных данных исследования периферической крови. Установлено, что нормальный уровень гемоглобина до начала лечения в первой группе был у 52,9% пациентов, во второй группе у 53,1% пациентов и в контрольной группе у 52,8%. Имели анемию легкой и средней степени тяжести на начало лечения в группе, получавших нутритивную поддержку — 19,6 и 17,7%; в группе, получавших нутритивную поддержку и ПНЖК омега-3-20,4 и 18,4%; в контрольной группе — 20,8 и 18,9% соответственно. Что касается анемии тяжелой степени тяжести, то показатели распределились следующим образом: в первой группе данный показатель составлял — 9,8%, во второй группе — 8,1% и в контрольной группе — 7,5%. При расчете средних показателей гемоглобин в группах сравнения, до лечения нутритивной недостаточности, не имел достоверных различий ($p=0,775$).

Через 3 месяца увеличилось число больных с нормальными показателями гемоглобина во всех группах с 52,9 до 66,6% в первой (на 13,7%), с 53,1 до 81,6%

во второй (на 28,7%) и с 52,8 до 54,7% в контрольной (на 1,9%) ($p=0,016$). Увеличилось и число больных с легкой степенью анемии в группе получающих нутритивную поддержку с 19,6 до 23,5% и контрольной группе с 20,8 до 28,3% и уменьшилось в группе, получавших нутритивную поддержку и ПНЖК омега-3 с 20,4 до 10,3%. Это объясняется тем, что во 2-й группе большее количество пациентов перешло в разряд больных с нормальным уровнем гемоглобина. Таким образом через 3 месяца нормальный показатель гемоглобина статистически значимо различался, причем во второй группе пациентов с нормальным гемоглобином статистически значимо выше, чем в I и III группах ($p=0,016$).

Уменьшилась и доля больных с анемией средней и тяжелой степени в группах получавших нутритивную поддержку с 17,7 до 8,0% и с 9,8 до 1,9%; нутритивную поддержку и ПНЖК омега-3 — с 18,4 до 6,1% и с 8,1 до 2,0% соответственно. В то время как в контрольной группе если количество пациентов с анемией средней степени тяжести уменьшились с 18,9 до 7,5%, то доля пациентов с тяжелыми формами анемии увеличилась с 7,5 до 9,5%.

Таким образом, в результате проведенного исследования установлено, что показатели гемоглобина после лечения не имели статистически значимые различия ($p=0,643$). В то же время между 1-й и 3-ей группами и 2-й и 3-ей имеются достоверные значимые различия ($p=0,04$ и $p=0,042$ соответственно)

В период наблюдения за больными раком органов ЖКТ проводилось исследование периферической крови на содержание эритроцитов. Уровень эритроцитов более чем 50% больных был в пределах нормы и составил в 1-й группе — 68,6%, во 2-й группе — 65,3%, в 3-ей группе — 71,7%. Пациентов с повышенным содержанием эритроцитов в периферической крови не было.

Через три месяца от начала проведения нутритивной поддержки и приема ПНЖК омега-3 количество эритроцитов повысилось во всех группах: в первой — с 68,6 до 78,4%; во второй — с 65,3 до 91,8% и в третьей — с 71,7 до 73,6% соответственно. Увеличение количества эритроцитов внутри групп получавших нутритивную поддержку и ПНЖК Омега-3 имели статистически значимые отличия ($p=0,04$ и $p=0,044$), что касается контрольной группы, то статистически значимого отличия не получено ($p=0,054$).

При сравнении средних показателей количества эритроцитов в группе получавших нутритивную поддержку и группе получавших нутритивную поддержку и ПНЖК Омега — 3 не имели статистически значимых различий ($p=0,828$). При сравнении средних показате-

лей основных групп и контрольной, также не получено статистические значимых различий: 1-й и контрольной $p=0,44$ и 2-й и контрольной $p=0,333$.

Исследования количества лимфоцитов в периферической крови у больных за 3 месяца наблюдения показали, что их изменения незначительны. Во 2-й и 3-ей группах до начала исследования количество лимфоцитов было в пределах нормы в 100%. В 1-й группе до начала исследования лишь у 7 (13,7%) пациентов, был ниже нормы и через три месяца их количество сократилось до 2 (3,9%). Таким образом, за период наблюдения существенных изменений не наблюдалось, поэтому при сравнении средних показателей лимфоцитов в группах сравнения достоверных различий не выявлено до начала лечения $p=0,284$, через 3 месяца $p=0,135$.

В основных и контрольной группах, до начала исследования и через три месяца проводилось исследование венозной крови по основным параметрам: — это: общий белок, альбумины, глобулины.

До начала исследования более половины пациентов имели пониженное количество общего белка в крови: в 1-й группе у 68,6%, во 2-й у 69,4% в 3-й у 64,2%. Хотелось бы отметить, что лишь у 2,0% первой, 4,1% второй и 5,6% контрольной групп общий белок был повышен. При анализе средних показателей общего белка в группах наблюдения не выявлено достоверных различий до начала исследований ($p=0,729$).

Через три месяца у больных получавших нутритивную поддержку (1-я группа) и нутритивную поддержку и ПНЖК 3-Омега (2-я группа) количество пациентов увеличилось с 29,4 до 64,7% и с 26,5 до 75,5% соответственно. В контрольной группе вышеуказанный показатель увеличился, но не значительно с 30,2 до 54,7%. Таким образом, если нет достоверной разницы увеличения общего белка между 1-й и 2-й ($p=0,23$), то между 1-й и 3-й; 2-й и 3-й имеется статистически значимая разница ($p=0,001$, $p=0,001$ соответственно).

При сравнении средних показателей общего белка после проведенного лечения выявлены достоверные различия между больными, получавших нутритивную поддержку и контрольной группой, а также между больными, получавших нутритивную поддержку и ПНЖК 3-Омега и контрольной группой ($p=0,001$, $p=0,001$ соответственно). Между 1-й и 2-й группами достоверных различий в средних показателях общего белка не выявлено ($p=0,44$).

Существенные изменения происходят и при анализе содержания альбумина в крови у больных генерализованными формами рака ЖКТ. На начало исследования

более чем у половины больных содержание альбумина было в норме (1-я группа — 54,9%, 2-я группа — 55,1%, 3-я группа — 56,6%). Лишь в контрольной группе 2 пациента (3,8%) имели повышенное содержание альбуминов в крови. Через три месяца, количество пациентов с показателями альбумина, находящимися в пределах нормы, возрастает в первой группе на 15,6% и составляет 70,6%, во 2-й группе на 30,6% и составляет 85,7%, в контрольной группе также увеличилось, но только на 10,6% и к концу исследования вышеуказанный показатель составил 67,9%. Таким образом, у больных, получавших нутритивную поддержку и полиненасыщенные жирные кислоты, показатель альбумина превышает таковой у больных, получавших только полиненасыщенные жирные кислоты на 14,8% и контрольной группы на 18,2%.

При сравнении средних показателей альбумина у пациентов трех групп, выяснилось, что на начало исследования средний показатель альбумина у всех больных существенно не отличался и поэтому достоверно значимых различий не выявлено ($p=0,934$).

Через три месяца, вышеуказанный показатель, увеличился в 1-й группе на 5,2 г/л и составил 41,4 г/л, во 2-й группе — на 5,7 г/л и составил 42,1 г/л, уменьшился в 3-й на 5,3 г/л и составил 31,0 г/л. Таким образом, показатели альбумина после лечения в основных группах не имели статистически значимые различия ($p=0,088$). Средний показатель альбумина у больных, получавших нутритивную поддержку выше по сравнению с контрольной группой на 10,4 г/л ($p=0,001$). Что касается пациентов получавших нутритивную поддержку и ПНЖК 3-Омега, то по сравнению с контрольной группой средний показатель альбумина превышал на 11,1 г/л ($p=0,006$).

Как показывает анализ на глобулины полученных нами результатов, практически у 100% пациентов как до, так и после лечения вышеуказанный показатель находился в пределах нормы, лишь у 1,8% контрольной группы отмечалось снижение альбуминов ниже нормы. Больных с повышенным содержанием глобулинов не было.

Средние показатели глобулинов до лечения распределились следующим образом: в первой группе $30,1 \pm 3,2$, во второй — $30,6 \pm 3,2$, в третьей — $30,1 \pm 2,8$, что не имеет статистически значимого различия ($p=0,934$). Через 3 месяца существенных изменений в средних показателях альбуминов у больных трех групп не было, поэтому и статистически значимых различий не выявлено ($p=0,824$).

В нашем исследовании был рассчитан индекс массы тела пациентов перед началом лечения и через 3 ме-

сяца. Из полученных результатов исследования, можно сказать следующее, что, не смотря на генерализацию опухолевого процесса, у респондентов участвующих в исследовании до начала лечения лишь 15,7% больных имели кахексию (ИМТ до 16,4) первой группы, 14,3% — второй группы и 15,1% — третьей группы. Пониженно-го питания, с индексом массы тела от 16,5 до 18,9, было 25,4, 24,5 и 28,3% соответственно.

Результаты исследования показали, что через три месяца в два раза сократилась доля больных с кахексией, как в группе получавших нутритивную поддержку (с 15,7 до 9,8%), так и в группе получавших нутритивную поддержку и ПНЖК 3-Омега (с 14,3 до 6,1%). В то же время в контрольной группе количество таких больных сократилось и через три месяца составило 20,8%. Значительные изменения произошли и у больных с нормальной массой тела (ИМТ 19–24,9): в 1-й группе количество пациентов увеличилось на 7,8% и составило 45,1%, во 2-й — на 6,1% и составило 46,9%. В контрольной группе отмечается обратная тенденция, уменьшение доли пациентов с нормальным весом на 18,9% (на конец исследования их доля составила 18,9%). Таким образом, если до начала исследования не было достоверно значимых различий в весе ($\chi^2=0,378$, $p=0,584$), то через три месяца после проведенного лечения мы имеем статистически значимые различия ($\chi^2=14,02$, $p=0,032$).

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

1. Применение нутритивной поддержки и ПНЖК омега — 3 улучшает показатели крови у больных генерализованными формами рака ЖКТ, так через 3 месяца от начала лечения имеются статистически значимые различия средних показателей гемоглобина, общего белка, альбумина, при сравнении с таковыми у больных, получавших только симптоматическое и противоболевое лечение.
2. При сравнении ИМТ до и после проведения нутритивной поддержки и применения жирных кислот установлено, что если на начало исследования не было достоверно значимых различий в весе ($\chi^2=0,378$, $p=0,584$) в группах сравнения, то через три месяца ИМТ достоверно выше в основных группах ($\chi^2=14,02$, $p=0,032$).

Далее нами была проведена оценка физической активности и способности к самообслуживанию методом анкетирования.

В начале исследования, среди пациентов всех трех групп, не было выявлено достоверно значимых различий физической активности ($\chi^2=2,5$, $p=0,065$).

Через три месяца после начала лечения возрастает количество пациентов с нормальной физической активностью в первой группе с 13,7 до 15,7%; во второй с 12,2 до 22,4%, и больных способных самостоятельно посещать поликлинику (незначительное снижение физической активности) с 27,5 до 45,1% и с 28,6 до 42,9% в вышеуказанных группах соответственно. Что касается контрольной группы, то количество пациентов, как с нормальной физической активностью, так и незначительным снижением физической активностью, снизилось с 18,9 до 17,0% и с 24,5 до 18,9% соответственно.

Уменьшилось количество пациентов с умеренной сниженной физической активностью (менее 50% проводят в постели) и со значительной сниженной физической активностью (более 50% проводят в постели) в первой группе с 45,1 до 33,3% и с 11,7 до 3,9%; во второй с 42,9 до 28,6% и с 10,2 до 4,1% соответственно. Доля больных, прикованных к постели, получавших нутритивную поддержку, за период наблюдения не изменилось и составило 2,0%; получавших нутритивную поддержку и ПНЖК 3 — Омега снизилось с 6,1 до 2%. В контрольной группе отмечается снижение пациентов с умеренно сниженной активностью (с 45,3 до 39,6%) и увеличение количества пациентов, проводящих в постели более 50% (значительное снижение физической активности) с 9,4 до 15,1%, прикованных к постели с 1,9 до 9,4%.

Таким образом, физическая активность достоверно выше у пациентов первой (больные, получавшие нутритивную поддержку) и второй (больные, получавшие нутритивную поддержку и ПНЖК 3 — Омега) групп ($\chi^2 = 9,8$, $p = 0,002$). Имеются статистически значимые достоверные различия между 1-й и 3-ей группами ($\chi^2 = 9,34$, $p = 0,005$), 2-й и 3-ей группами ($\chi^2 = 11,2$, $p = 0,025$).

При оценке способности к самообслуживанию на начало исследования достоверных различий в группах наблюдения не выявлено ($\chi^2 = 1,34$; $p = 0,85$). Число пациентов с ненарушенным самообслуживанием до лечения составило: в первой группе 13,7%, во второй — 10,3%, в контрольной — 15,1%. Около половины пациентов указывали на то, что у них есть затруднения, но они все делали самостоятельно (47,1%, 49,0%, 47,2% в группах наблюдения соответственно). Каждый третий нуждался в посторонней помощи (31,3%, 32,7%, 30,2% — соответственно). Мало что могли делать самостоятельно или ничего не могли делать без посторонней помощи в первой группе в 5,9 и 2,0%, во второй — в 4,0 и 4,0%, в третьей — в 5,7 и 1,9% соответственно.

Через три месяца, при опросе на оценку способности к самообслуживанию установлено, что в груп-

пах получавших нутритивную поддержку и ПНЖК 3 — Омега число увеличилось число пациентов с ненарушенным и затрудненным самообслуживанием (в первой группе — с 13,7 до 15,7% и с 47,1 до 52,9%; во второй группе — с 10,3 до 12,3 и с 49,0 до 59,2% соответственно), уменьшилось количество пациентов нуждающихся в посторонней помощи (в первой группе — с 31,3 до 25,5%; во второй — с 32,7 до 24,5%) и лиц мало что делающих самостоятельно (в первой группе — с 5,9 до 3,2%; во второй — с 4,0 до 2,0%). Доля больных не способная делать что-либо без посторонней помощи в группе получавшей, нутритивную поддержку на конец исследования не изменилась и составила 2,0%, а во 2-й группе, получавших нутритивную поддержку и ПНЖК 3 — Омега уменьшилась с 4,0 до 2,0%.

В контрольной группе доля пациентов с ненарушенным самообслуживанием не изменилась (15,1%), с затрудненным и нуждающихся в посторонней помощи уменьшилась (с 47,2 до 41,5% и с 30,2 до 24,6% соответственно). Увеличилось количество пациентов в категории мало, что делающих самостоятельно и утверждающих, что ничего не могут делать без посторонней помощи с 5,7 до 9,4% и с 1,9 до 9,4% соответственно.

Таким образом, при оценке способности к самообслуживанию, через 3 месяца статистически значимых изменений не выявлено ($\chi^2 = 4,0$; $p = 0,405$). Достоверно значимых различий не выявлено и при сравнении 1-й и 3-ей; 2-й и 3-ей ($\chi^2 = 4,06$; $p = 0,398$ и $\chi^2 = 4,0$; $p = 0,398$).

Следует подчеркнуть, что всем пациентам, участвующим в исследовании, проводилась противоболевая и симптоматическая терапия, направленная на улучшение качества жизни.

На основании проведенного исследования и полученных результатов нами разработан алгоритм нутритивной поддержки больных генерализованными формами злокачественных новообразований желудочно-кишечного тракта.

I этап — диагностический или оценки нутритивного статуса

У больного подробно собирается анамнез заболевания, производится осмотр и оцениваются показатели периферической крови (гемоглобин, эритроциты, лимфоциты), биохимические показатели крови (общий белок, альбумины), вес (рассчитывается индекс массы тела). Для определения водных секторов организма, а также основного обмена рекомендуем использовать анализатор АВС-01 «МЕДАСС».

II этап — аналитический или коррекции нутритивного статуса

Производится анализ полученных результатов крови, расчет индекса массы тела и полученных данных обследования больных на аппарате водных секторов организма АВС-01 «МЕДАСС». Определяется основной обмен и коррекция нутритивного состояния у пациента, имеющего пониженное питание.

III этап — проведения лечения (коррекции) нутритивной недостаточности

Проводится лечение нутритивной недостаточности строго индивидуально и оценивается возможность приема пищи естественным путем. Предпочтение следует отдавать питанию натуральными продуктами и пропорционально добавлять недостающее количество ккал в виде нутритивного питания. Следует обратить внимание на добавление в рацион больных, генерализованными формами рака ЖКТ, к натуральному

питанию полиненасыщенных жирных кислот, обладающих антиканцерогенным эффектом.

IV этап — контрольный или оценки качества жизни

Этап предполагает необходимость регулярного контроля показателей крови, веса пациента, что позволяет вовремя корректировать нутритивную недостаточность у больных. Для оценки качества жизни на всех этапах определяется физическая активность, способность к самообслуживанию, своевременно выявлять другие негативные симптомы, влияющие на качество жизни пациентов. Необходимо, учитывая тяжесть состояния пациентов, на всех этапах одновременно проводить симптоматическое и противоболевое лечение.

Резюмируя изложенное, следует сделать вывод, что адекватная нутритивная поддержка и использование ПНЖК 3- Омега позволяют улучшить качество жизни больных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булатов Р.Д. Применение интегральной двухчастотной импедансометрии в клиническом мониторинге у больных деструктивным панкреатитом // Анестезиология и реаниматология. — 2012. — № 3. — С. 59–62.
2. Газизов А.А., Беклемишева Е.А. и соавт. Нутритивное сопровождение при лечении онкологических больных. Методическое пособие для врачей // Уфа, 2004. — 17 с.
3. Галушко О.А. Нутритивная поддержка больных в отделении интенсивной терапии: старые правила и новые возможности / О.А. Галушко // МНС. — 2015. — № 4 (67). — С. 58–62.
4. Гирш Я.В. Роль и место биоимпедансного анализа в оценке состава тела детей и подростков с различной массой тела / Я.В. Гирш, О.А. Герасимчик // Бюллетень сибирской медицины. — 2018. — № 17(2). — С. 121–132.
5. Кудряшова Л.Н. Хроническая боль в онкологии. Методическое пособие для врачей / Составители: Л.Н. Кудряшова, Р.З. Султанов, И.А. Бакулина и др. — Уфа: Изд-во «Здравоохранение Башкортостана», 2017. — 57 с.
6. Методическое пособие. Трофологическая недостаточность у пациентов гастроэнтерологического профиля / под ред. Г.И. Сторожакова — Москва: РНИМУ, 2015. — 53 с.
7. Николаев Д.В., Щелькалина С.П. Лекции по биоимпедансному анализу состава тела человека. Москва, 2016. 152 с.
8. Руднев С.Г., Соболева Н.П., Стерликов С.А. Биоимпедансное исследование состава тела населения России. М., 2014. 493 с.
9. Сергиенко А.Д., Хороненко В.Э., Гамеева Е.В. и др. Влияние нутритивной терапии на показатели качества жизни больных раком желудка на этапе хирургического лечения // Исследования и практика в медицине — 2019. — т. 6. — № 3. — с. 108–114.
10. Eickemberg M., Oliveira C.C., Roriz A.K. Bioelectrical impedance and visceral fat: a comparison with computed tomography in adults and elderly // Arch. Bras. Endocrinol. Metabol. 2013. Vol. 57, N1. — P. 27–32.
11. Khalil S., Mohktar M., Idrahim F. The theory and fundamentals of bioimpedance analysis in clinical status monitoring and diagnosis of disease // Sensors (Basel). 2014. Vol. 14, N6. — P. 10895–10928.

© Петрова Ольга Михайловна (foxu1906@mail.ru), Петрова Марина Владимировна (marinapetrova.03@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НОВЫЕ ФЕНОМЕНЫ В СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЕ В НОРМЕ, МОДЕЛИРОВАНИИ ПАТОЛОГИИ И АТЕРОСКЛЕРОЗЕ

NEW PHENOMENA IN THE CARDIOVASCULAR SYSTEM IN NORM, PATHOLOGY MODELING AND ATHEROSCLEROSIS

**Z. Sigal
O. Surnina
A. Farrakhov**

Summary. The cause of the phenomenon of mutual transformation of arterial flows is the interaction of linear blood flows of two arteries with a common resultant force formed by oppositely directed arterial flows at the site of their anastomosis. The clinical confirmation of the phenomenon of mutual transformation of arterial flows is the data of ultrasound Dopplerography obtained by the authors of this article in the study of various human vessels of norm and pathology. The discovery of Z.M. Segal is of universal importance in the fields of medicine for the diagnosis of viability and prevention of surgical complications and various areas of the national economy.

Keywords: arterial flows, ultrasound Doppler examination, surgery, resistance, blood flow velocity.

Сигал Золтан Мойшевич

Заслуженный деятель науки РФ, доктор
медицинских наук, профессор, ФГБОУ ВО ИГМА, г. Ижевск
oper-surg@igma.udm.ru

Сурнина Ольга Владимировна

Доктор медицинских наук, ФГБОУ ВО ИГМА,
г. Ижевск, зав. отделением ультразвуковой
диагностики БУЗ УР «Республиканский клиничес-
ко-диагностический центр МЗ УР», главный внештатный
специалист по ультразвуковой диагностике
Минздрава Удмуртии, председатель общества
врачей ультразвуковой диагностики УР, врач высшей
категории
uzd-ur@mail.ru

Фаррахов Артур Марсельевич

Ассистент, ФГБОУ ВО ИГМА, г. Ижевск
faraonarturito@mail.ru

Аннотация. Причиной возникновения явления взаимопреобразования артериальных потоков является взаимодействие линейных кровотоков двух артерий с общей результирующей силой, сформированной противоположно направленными артериальными потоками в месте их анастомоза. Клиническим же подтверждением феномена взаимопреобразования артериальных потоков выступают данные ультразвуковой доплерографии, полученные авторами этой статьи при исследовании различных сосудов человека в норме и патологии. Открытие З.М. Сигала имеет универсальное значение в областях медицины для диагностики жизнеспособности и профилактики хирургических осложнений и различных областях народного хозяйства.

Ключевые слова: артериальные потоки, ультразвуковое доплеровское исследование, хирургия, сопротивление, скорость кровотока.

Введение

Ведущую роль в понимании всех физиологических процессов в организме играет кровоснабжение органов и тканей. Ранее были описано и доказано, что кровоснабжение органов и тканей осуществляется из двух противоположно направленных источников [3].

Кровообращение головы обеспечивается правыми и левыми внутренними сонными и позвоночными артериями. Артериальные потоки которых встречаются в Виллизиевом круге [12]. В брюшной полости взаимодействие артериальных потоков осуществляется по малой и большой перигастрическим дугам, между ветвями

брыжеечных артерий — в Риолановой дуге, в аркадных сосудах, в контралатеральных интрамуральных артериях между малой кривизной, большой кривизной желудка и по противобрыжеечному краю кишки [2].

Данный феномен прошел большой путь от открытия до внедрения в практическую медицину. До этого большинство математических моделей учитывало только продольную составляющую скорости движения частиц крови внутри сосуда [14]. Долгое время исследовалось и было доказано, что не пульсирующий кровоток во время искусственного кровообращения ухудшает микроциркуляторную перфузию в тканях [5]. Тогда как с началом пульсации показатели перфузии значительно повышаются. Данное открытие подтвердило ранее суще-

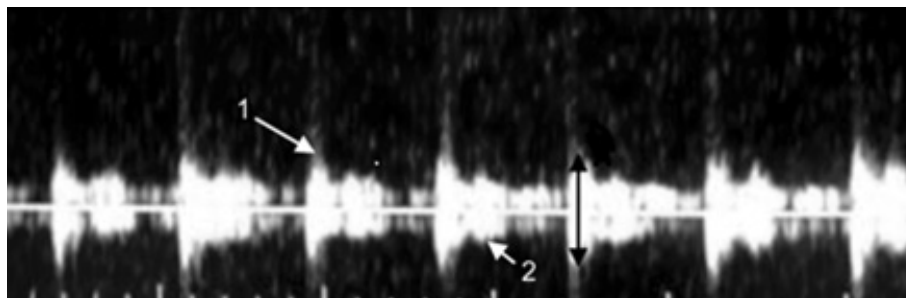


Рис. 1. Интрамуральный артериальный кровоток в плечевой артерии. 1 — ортоградный, 2 — контралатеральный.

ствовавшие теории о том, что поток крови распространяется к периферии, где происходит его отражение [4].

В то время некоторые авторы выдвигали гипотезу о спонтанных колебаниях в капиллярном кровотоке, которые возникают из-за нелинейных реологических свойств крови [3], а другие авторы полагали, что эти вторичные потоки, называемые подковообразными завихрениями, появляются из-за небольших искривлений сосудов и изменений вязкости крови [11].

На данный момент доказано, что причиной возникновения явления взаимопреобразования артериальных потоков является взаимодействие линейных кровотоков двух артерий с общей результирующей силой, сформированной противоположно направленными артериальными потоками в месте их анастомоза. А ранее выдвинутые предположения можно считать лишь косвенными факторами [6].

Клиническим же подтверждением феномена взаимопреобразования артериальных потоков выступают данные ультразвуковой доплерографии, полученные авторами этой статьи при исследовании различных сосудов человека норме и патологии.

Материалы и методы

В основу исследования положены изменения спектра кровотоков артериальных потоков 2236 пациентов в норме, возраст пациентов от 29 до 53 лет, среди которых женщин — 1207 (54%), мужчин — 1029 (46%). Данная работа выполнена на кафедре оперативной хирургии и топографической анатомии ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия», на базе БУЗ УР «Республиканский клинико-диагностический центр МЗ УР», «БУЗ УР ГКБ № 6 МЗ УР», «БУЗ УР ГКБ № 9 МЗ УР», «БУЗ УР РКБ № 1 МЗ УР». Перед непосредственным исследованием все пациенты прошли ультразвуковые, цитологические, рентгенологические и морфологические исследования.

Оптометрия для оценки параметров гемодинамики с целью внедрения феномена проводилась в экспериментальных и клинических условиях с использованием устройства и метода З.М. Сигала [13].

Для исследования пульсовых и моторных параметров интактной и ишемизированной плечевой артерии применяли пульсомоторографию по З.М. Сигалу [10].

Все исследования на пациентах проводились с их письменного добровольного информированного согласия на проведение исследования в соответствии со статьями 30, 31, 32, 33 «Основных принципов законодательства Российской Федерации о безопасности жителей» от 22 июля 1993 г. № 5487-1. Одобрено локальным этическим комитетом Ижевской Государственной Медицинской Академии, аппликационный № 625.

В данной статье представлены результаты качественного и количественного мониторинга потоков, в коллатеральных артериях с помощью аппарата для ангиотензометрии с преградой на прозрачной пластине. Также представлены результаты импульсно-волновой доплерографии кровотока на плечевой артерии. Сначала проводилась спектральная доплерография плечевой артерии у пациентов в норме, затем накладывался жгут на плечо и исследовался спектр кровотока дистальнее и проксимальнее жгута. Исследование без жгута и после его наложения проводилось с помощью энергетического доплера.

Результаты

При доплеровском ультразвуковом исследовании коллатеральных сосудов в проекции артериальных дуг был получен разнонаправленный кровоток, соответствующий взаимопреобразованию артериальных потоков. Эхограмма коллатеральных сосудов здорового пациента показывает наличие двунаправленного кровотока, симметричного по обе стороны базальной линии в виде пиков (рис. 1).

Таблица 1. Показатели ортоградного (1) и контралатерального (2) кровотока в артериях в норме (n=2236).

	№	$x \pm dx$ $y \pm dy$, cm / s	Sx Sy	Comparison effect $\Delta \pm d\Delta$; $S\Delta$, cm / s	T P
Aorta	1 2	121,6 \pm 45,8 3,5 \pm 0,2	26,98 1,24	66,08 \pm 37,54 4,73	13,97 <0,05
Brachial artery (BA)	1 2	24,4 \pm 0,08 2,57 \pm 0,23	0,05 0,14	13,09 \pm 6,73 0,85	15,43 <0,05
BA outfall	1 2	124,4 \pm 39,7 5,6 \pm 0,05	13,5 0,03	69,92 \pm 35,22 4,44	14,18 <0,05
Segmental branches of BA	1 2	90,9 \pm 28,5 12,57 \pm 0,5	14,5 1,93	48,29 \pm 26,34 3,32	14,55 <0,05
Parenchymal branches of BA	1 2	45,6 \pm 20,9 42,2 \pm 18,3	12,0 10,0	2,50 \pm 6,14 0,77	1,24 >0,05
Intramural vessels of the intestine	1 2	5,2 \pm 3,3 4,2 \pm 2,3	1,75 1,80	0,89 \pm 1,24 0,16	1,68 >0,05
ramus profundus a. Cystita	1 2	2,31 \pm 0,6 1,8 \pm 0,9	0,27 0,66	0,27 \pm 0,29 0,04	1,34 >0,05
Knee arteries	1 2	2,62 \pm 0,16 2,0 \pm 0,04	0,77 0,2	1,6 \pm 0,5 0,07	04,03 >0,05
Deep palmar artery	1 2	32,65 \pm 0,02 8,28 \pm 0,02	0,08 0,09	14,62 \pm 7,52 0,95	1,43 >0,05

Было зафиксировано, что на различных участках почечной артерии (устье, сегментарные и паренхиматозные ветви) артериальные потоки имели различные скоростные показатели на спектральной кривой (табл. 2). Было отмечено, что выше базовой линии скорость ортоградного кровотока максимальной была в области устья, а минимальной в паренхиматозных ветвях. Контралатеральный кровоток напротив: в области устья имел минимальную скорость, а в паренхиматозных ветвях — максимальную. В периферических артериальных сосудах по сравнению с магистральными ортоградные и контралатеральные артериальные потоки мало отличаются друг от друга, что указывает на повышение в них внутрисосудистого сопротивления. Наименьшее сопротивление со стороны контралатерального потока испытывает ортоградный кровоток в аорте, плечевой артерии и в области устья почечных артерий. Причем в половине случаев в аорте противоположно направленный контралатеральный кровоток вообще не дифференцировался (табл. 1).

Результаты исследования достоверны при значении $P < 0,05$. Таким образом, достоверны показатели кровотока в магистральных сосудах: в аорте, плечевой артерии, плечевой артерии в области устья, сегментарных ветвях плечевой артерии. В периферических же сосудах результаты не достоверны (паренхиматозные ветви плечевой артерии, интрамуральные сосуды кишки, пузырная артерия, артерии коленного сустава, артерия глубокой ладонной дуги).

Таким образом, максимальная скорость контралатерального кровотока в нашем исследовании была обнаружена в области сегментарных ветвей почечных

артерий 12,57 \pm 0,5 см/с. Максимальная скорость ортоградного кровотока — в области устья почечных артерий 124,4 \pm 39,7 см/с. В норме контралатеральный компонент наблюдается не всегда. При этом наблюдается достоверная разница между ортоградным и контралатеральным кровотоком.

Однако, в сосудах коллатерального кровообращения максимальная скорость ортоградного кровотока была в паренхиматозных ветвях почечных артерий составила 45,6 \pm 20,9. А максимальная скорость контралатерального кровотока — в паренхиматозных ветвях почечных 42,2 \pm 18,3. При этом достоверной разницы между ортоградным и контралатеральным кровотоком не было замечено.

В эксперименте исследовался кровоток в коллатеральных артериях проксимальнее и дистальнее преграды. Как до пережатия, так и после пережатия жгутом при УЗИ были получены максимальные показатели скорости кровотока в ортоградном артериальном потоке. Наименьшие — показатели в контралатеральном потоке. При этом значения ортоградного и контралатерального кровотока в плечевой артерии до и после пережатия жгутом отличались друг от друга (табл. 2).

Показатели артериальных потоков при моделировании ишемии сходны с показателями при атеросклерозе. Например, коэффициент к/о меньше 0,41–0,61 (табл. 3).

Определены критерии спектральной кривой для желчного пузыря, почек, а также артерий глубокой ла-

Таблица 2. Показатели ортоградного (1) и контралатерального (2) кровотока плечевой артерии до (а) и после (б) пережатия (n=2236).

Objects	$x \pm dx \ y \pm dy, \text{ cm / s}$	Sx Sy	Comparison effect $\Delta \pm d\Delta; S\Delta, \text{ cm / s}$	T P
1 а 2 а	24,4±0,08 2,57±0,23	0,05 0,14	13,09±6,3 0,85	15,43 <0,05
1 б 2 б	2,5±0,02 0,7±0,01	6,16 0,29	3,02±3,95 0,50	6,06 <0,05
1 а 1 б	24,4±0,08 2,5±0,02	0,05 6,16	13,86±7,3 0,81	14,83 <0,05
2 а 2 б	2,57±0,23 0,7±0,01	0,14 0,29	3,12±2,9 0,49	5,49 <0,05

Таблица 3. Показатели ортоградного (а) и контролатерального (б) кровотока в плечевой артерии при моделировании ишемии (1) (n=2236) и атеросклерозе (2) (n=516).

	$x \pm dx \ y \pm dy, \text{ cm / s}$	Sx Sy	Comparison effect $\Delta \pm d\Delta; S\Delta, \text{ cm / s}$	T P	Coefficient o/c
1 а 2 а	2,5±0,02 0,7±0,01	6,16 0,29	3,02±3,95 0,50	6,06 <0,05	0,28
1 б 2 б	2,7±0,05 0,7±0,05	6,05 0,29	3,27±3,86 0,48	5,98 <0,05	0,26

донной дуги. В проекции артериальных дуг систолические пики спектральной кривой были двунаправлены (рис 2–4).

В норме, в аорте более чем в половине случаев контралатеральный поток отсутствует (рис. 5).

Обсуждение

При проведении эксперимента З.М. Сигала, на примере изучения артериальных потоков плечевой артерии, мы обнаружили феномен взаимопреобразования. При клиническом испытании доказано наличие взаимопреобразования артериальных потоков на примере исследования их на артерии плеча. Преградой являлся жгут, который пережимал плечевую артерию. С дифференциацией взаимопреобразования артериальных потоков. Мы изобразили их на ультразвуковой спектральной доплерограмме в виде спектров, направленные в разные стороны кровотока с одной и другой стороны базовой линии. Такие же взаимопреобразование артериальных потоков было во всех сосудах человека при ультразвуковой доплерографии, в магистральных сосудах —, плечевая артерия, устья почечных артерий, аорта.[12] Было установлено, что скорость потока была значительна ниже по сравнению с ортоградным и значительно отличалась от него. В сосудах коллатерального кровообращения на уровне паренхимы почек, ramus profundus a. cystita и артериальных ладонных дуг — эти потоки были разнонаправленные, почти одинаковые по скоростям, достоверно не отличаясь друг от друга [17].

В наших исследованиях мы обнаружили наибольшее значение ортоградного кровотока, а показатели контралатерального кровотока находятся ниже ортоградного [14]. Такую закономерность можно проследить в сосудах аорты, плечевой артерии. Следующая закономерность связана с сосудами почек, желчного пузыря и коленных суставов. В них мы не обнаружили достоверное отличие линейной скорости между ортоградным и контралатеральным кровотоком.

Кроме того, мы предположили, что это различные анатомические субстраты такого контралатерального кровообращения. Встреча этих потоков находится как в центре гемодинамических артериальных дуг, так и на их периферии, именно этот феномен может лежать в основе найденной нами закономерности[14]. Столкновение контралатеральных артериальных потоков — это постоянное и неперемное условие, которое подтверждается нашими исследованиями.

Практическое значение заключается в том, что первичные показатели, которые мы описали в нашей работе, могут являться основой для нахождения специфических признаков различной очаговой патологии органов [15].

Этот метод определения контралатеральных артериальных потоков способствует определению сопротивления движению артериальной крови в сосуде. Этот метод можно применять и в практическом значении для диагностики заболеваний как очаговой, так и диф-

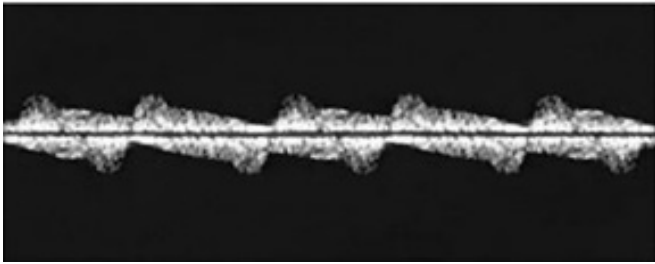


Рис. 2. Двухнаправленный спектр паренхиматозных ветвей почечных артерий: 1 — ортоградный, 2 — контралатеральный.

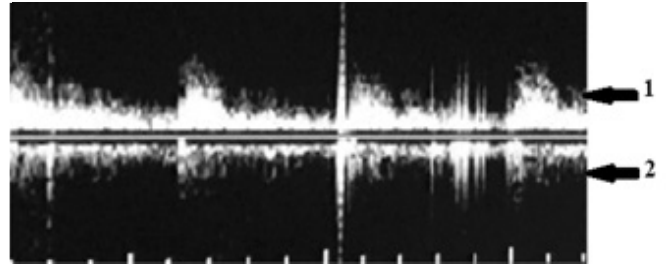


Рис. 3. Двухнаправленный спектр артериального кровотока ramus profundus a. cystica в норме у пациента М. 1 — ортоградный, 2 — контралатеральный.

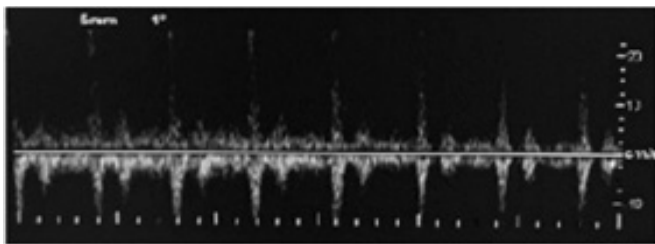


Рис. 4. Доплеровская кривая артерий глубокой ладонной дуги. 1 — ортоградный, 2 — контралатеральный.

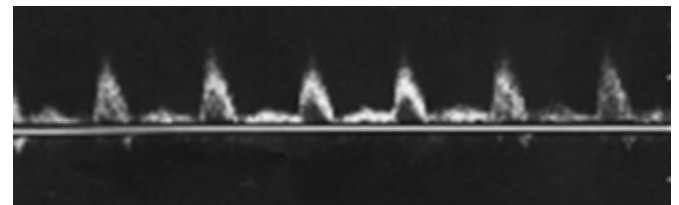


Рис. 5. Доплеровская кривая в аорте. 1 — ортоградный, 2 — контралатеральный.

фузной патологии органов. В результате ультразвукового определения периферического сопротивления в артериальных сосудах бывают ложноотрицательные и ложноположительные результаты, а сам традиционный метод уже не достоверен [1].

Более того взаимодействие контралатеральных артериальных потоков является важным в хирургии как для плановых, так и неотложных экстренных операций на полых органах, для профилактики несостоятельности швов, анастомозов, ишемических некрозов и несостоятельности культи кишки и желудка. Один из наших способов связан с наложением кишечных культи в месте стыка контралатеральных артериальных потоков, где производятся резекция. Мы обнаруживаем нормальное интрамуральное расположение артерии, создаем нормальные условия для подготовки шовной полосы и уровня резекции. При наложении межкишечных соустьев послеоперационных осложнений у больных не было [17].

На основании полученных ультразвуковых данных, мы сделали вывод, что изменяется, но сохраняется двухнаправленный кровоток в артериальных дугах при воспалительных процессах и исчезает при угрозе ишемии

органов или тканей [18]. Таким образом с помощью ангиотензометрии, пульсомоторографии, ультразвуковым мониторинге мы обнаружили новые гемодинамические явления взаимодействия и взаимопреобразования артериальных потоков, которые имеют практическое лечебно-диагностическое значение в медицине. Возможна разработка оперативных вмешательств с сохранением контралатеральных артериальных потоков при пластикена пищеводе, резекциях кишки. Благодаря этому открытию можно диагностировать артериальную гемоциркуляторную недостаточность, выявлять на ее механизм, очаговую патологию и восполнять недостаточность за счет механизмов внеорганных и интраорганных контратеральных потоков. Мы развиваем ряд новых научных направлений, которые направлены на воздействия двух противоположных направлениях артериальных потоков — ортаградного и контралатерального. При оперативных вмешательствах они будут осуществляться путем отключения, резекции, переключения и сосудистого анастомоза [19].

Взаимодействие противоположно направленных артериальных потоков обеспечивает важные биологические функции. Во — первых, равномерно кровоснабжаются отдельные звенья [6]. Установлено по отноше-

нию к полым органам. Равномерность, симметричность кровоснабжения прослеживается в передней и задней стенках желудка, в участках, которые прилежат к малой и большой кривизне. Стенок тонких и толстых кишок аналогично, а также других органов в норме. Мы обнаружили, что даже при малых нарушениях в мелких артериальных коллатеральных, возможна несостоятельность анастомоза при резекции толстой кишки.

Во-вторых, обеспечивается компенсацию энергетического истощения потока. Мы знаем, что энергия пульсирующего кровотока будет рассеиваться на сосуды и спинномозговую жидкость. По мере того, как будет удаляться артериальные сосуды от сердца, тем больше происходит энергетическое возмещение. С наличием у человека парных органов, каждый участок их к тому же имеет еще и парное кровоснабжение. В различных участках совместно с равнодействующими, результирующими направлениями, максимальным и минимальным артериальным давлением регистрировали также ортоградные и контралатеральные показатели [20].

В-третьих, явление взаимодействия артериальных потоков играет важную роль в реализации механизмов антиагрегации и поддержания нормальных реологических свойств крови. Этот эффект достигается путем колебания сосудистой стенки, что в свою очередь приводит к ундулированию потоков, при этом происходит гомогенизация элементов крови, профилактика осаждения на сосудистой стенке крупномолекулярных образований, таких как циркулирующие иммунные комплексы, факторы свёртывания, агрегаты плазменных белков и т.д. Происходит своеобразное «раздвоение» тромбоцитарных агрегатов, что препятствует агрегации. Пульсирующий характер кровотока способствует повышению гидростатического давления крови, что обеспечивает более эффективную фильтрацию пристеночных веществ и диффузию кислорода из кровяного русла в ткани. Взаимодействие артериальных потоков ведет к амортизации механического воздействия волны на элементы самой сосудистой системы и связанных с ней клеточных структур, так как есть данные, указывающие на то, что прямой пульсирующий кровоток является предпосылкой для дальнейшего искажения сосудистой стенки и в последующем это приведет к возникновению патологических изменений в сосудах, таких как снижение эластичности, расслоение интимы, образование атеросклеротических бляшек [4].

Важным аспектом практического применения нашего открытия является разработка хирургической тактики лечения и профилактики ишемических заболеваний. К подобной методике можно отнести хирургическую реваскуляризацию, которая способна увеличить перфузию ишемизированной ткани [6].

Данный метод получил широкое применение в дифференциальной диагностике патологии костно-мышечной системы, включая врожденные, приобретенные, метаболические, воспалительные, инфекционные и гематологические заболевания, а также опухоли и опухолеподобные образования опорно-двигательного аппарата [7].

Кроме того, во избежание повреждения кровеносных сосудов игольчатую биопсию выполняют под контролем ультразвуковой диагностики. Ультразвуковое исследование на основе феномена взаимопреобразования артериальных потоков стал важнейшим инструментом ранней диагностики патологии лимфатических сосудов, опухолей oro-фарингеальной области, опухолей паращитовидной железы, опухолей брюшной полости и забрюшинного пространства [8]. Широкое распространение диспансеризации с применением данного метода позволяет выявлять синдром Бланда-Уайта-Гарланда [7].

В кардиологии — это основной неинвазивный метод диагностики сердечно-сосудистой патологии. Предоставляет возможность определения скорости кровотока и движения миокарда в любой точке сердца, позволяя оценивать кровоток при клапанных и врожденных пороках, а также движение и деформацию миокарда, что способствует выявлению функциональных нарушений, например при ишемии или кардиомиопатиях [10].

Ультразвуковое исследование на основе феномена незаменимый метод в акушерстве и гинекологии [13]. Он используется для изучения внутренних половых органов женщины, позволяет оценить состояния беременной матки, анатомию и мониторинг внутриутробного развития плода, кроме того, является высоко информативным в диагностике угрозы прерывания беременности, маловодья, аномалия развития плода, а также при помощи данного метода можно определять количество зародышей или констатировать смерть плода.

Данный метод является высоко информативным в дифференциальной диагностике хирургической патологии органов желудочно-кишечного тракта, а также в диагностике послеоперационных внутрибрюшинных осложнений при абдоминальной хирургии и ранних интраоперационных сосудистых осложнений при трансплантации печени [9].

Выводы

1. Нами установлен новый феномен стыка и взаимодействия артериальных потоков в магистральных и периферических сосудах в норме и при атеросклерозе. Он проявляется соногра-

фически в виде диастолического компонента — второго пика во время диастолы, который в магистральных сосудах отсутствует или не более 5 мм, а в периферических сосудах в норме более выражен.

2. При моделировании ишемии значение коэффициента к/о (отношения контралатерального артериального кровотока к ортоградному) менее 0,41, что соответствует значениям артериальных потоков при атеросклерозе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куликов В.П., Ультразвуковая диагностика сосудистых заболеваний. Москва: СТРОМ. — 2007. — с. 512.
2. Куликов П.В., Основы ультразвукового исследования сосудов/ Куликов П.В. // Москва — 2015 год. С. — 391.
3. Лелюк В.Г., Лелюк С.Э. Ультразвуковая ангиология/ Лелюк В.Г., Лелюк С.Э.// Москва — 2003 год. С. — 324
4. Митьков В.В., Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. Общая ультразвуковая диагностика/ Митьков В.В.// Москва — 2015 г. С. — 685.
5. Сигал З.М., Точилев С.Л. Способ определения жизнеспособности стенки толстой кишки // Патент № 1581272. 1988. Бюл. № 28.
6. Сигал З.М., Устройство для контроля кровотока. Авторское свидетельство № 1430792 от 15.12.1985 г.
7. Сигал З.М. Устройство для диагностики органной патологии № 2712014
8. Сигал З.М. Способ определения жизнеспособности стенки полого органа. Авторское свидетельство № 1398820 от 01.02.2008.
9. Сигал З.М. Электростимулятор полых органов. Патент на изобретение РФ № 2131275 от 24.01.1996
10. Сигал З.М. и др. Устройство для фотопульсомотографии. Патент на изобретение РФ № 2245679 от 15.03.1997 г.
11. Сигал З.М., Способ определения жизнеспособности тонкой кишки патент на изобретение РФ № 2705940 от 12.11.2019/ З.М. Сигал, О.В. Сурнина, С.З. Сигал и др.// — Москва. — 2019.
12. Сигал З.М., и др. Эндоскопический зажим для определения жизнеспособности органов и тканей. Патент на изобретение РФ № 34346 от 21.01.2007.
13. Сигал З.М., Устройство для диагностики органной патологии: патент на изобретение РФ № 2687775 от 16.05.2019 / Сигал З.М., Сурнина О.В., Сигал С.З., Сигал А.М. и др.// Казань — 2019 г. Бюл. № 14
14. Сурнина Н.В.// Актуальные вопросы прикладной анатомии хирургии. — СПб., 2007.-С.4
15. Халимов Э.В., Способ профилактики несостоятельности кишечных культей: патент на изобретение РФ № 2198601 от 20.02.2003/Сигал З.М., Халимов Э.В., Корепанова М.В., Капустин Б.Б., Белов А.В., Гусев В.К.// — 2003 год. Бюл.№ 5.
16. Щаницын И.Н. Спонтанная реканализация хронической окклюзии внутренней сонной артерии/ Щаницын И.Н., Максюшина Т.Д., Титова Ю.И., Персова Е.А., Бажанов С.П., Каравайкин П.А. // Ангиология и сосудистая хирургия. — 2015. — Т. 21. — № 2. — С. 124-128.
17. Forouzan O, Yang X, Sosa JM, Burns JM, Shevkopyas SS, MicrovascRes/Forouzan O, Yang X, Sosa JM, Burns JM, Shevkopyas SS, MicrovascRes//2012.-Volume-83.-P.123.
18. Nobuyuki Takemoto. A case of intrathyroid tumor that was difficult to diagnose by ultrasoundography/ Nobuyuki Takemoto AI Koyanagi, Masanori Yasuda, Yuya Yamamoto and Hiroshi Yamamoto // The Ultrasound Journal. — 2020 г. — № 4. — С:1–6.
19. Jeays AD, Lawford PV, Gillott R, Spenser P, Barber DC, Bardhan KD, Hose DR, J Biomech., 1916, 40 (2007)

© Сигал Золтан Мойшевич (oper-surg@igma.udm.ru), Сурнина Ольга Владимировна (uzd-ur@mail.ru),
Фаррахов Артур Марсельевич (faraonarturito@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПАЦИЕНТ ПОСЛЕ КОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ: ПРОБЛЕМА ПРИВЕРЖЕННОСТИ К МЕДИКАМЕНТОЗНОЙ ТЕРАПИИ

A PATIENT AFTER CORONARY BYPASS SURGERY: THE PROBLEM OF ADHERENCE TO DRUG THERAPY

**T. Fofanova
M. Subotnikov
S. Korolev
F. Ageev**

Summary. The main link of cardiorehabilitation and secondary prevention of atherosclerosis after coronary bypass surgery is drug therapy. These patients belong to a group of very high cardiological risk and require careful monitoring in the long-term postoperative period, including strict compliance with the doctor's recommendations. An analysis of medical histories was carried out at the FSBI NMICCC, the long-term outcomes of CABG and adherence to therapy were evaluated in 100 patients who underwent CABG in the period 2016–2017 (a retrospective study). The results were obtained by phoning and questioning patients (Morisky-Green-4), informed consent was obtained during the call. As the "endpoint" under consideration, the frequency of deaths from cardiovascular causes (heart attack, stroke, heart failure), resumption of the clinic of angina pectoris, newly identified type 2 diabetes were evaluated. Statistical analysis was carried out using the IBM SPSS Statistics 23 program. A two-way average negative correlation between the use of medications and the resumption of the angina pectoris clinic was revealed ($r = -0.57$ according to Pearson).

Keywords: adherence to therapy, coronary bypass surgery.

Фофанова Татьяна Вениаминовна

Доктор медицинских наук, профессор, врач высшей квалификационной категории; врач-кардиолог, старший научный сотрудник, Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии, Москва
tanja.fofanova@gmail.com

Суботников Максим Вячеславович

Лаборант-исследователь, Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии
dr_subotnikov@mail.ru

Королев Сергей Александрович

Московский Государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова, Москва
mr.korolyow2013@yandex.ru

Агеев Фаиль Таипович

Доктор медицинских наук, профессор; Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии, Москва
ftageev@gmail.com

Аннотация. Основным звеном кардиореабилитации и вторичной профилактики атеросклероза после коронарного шунтирования является медикаментозная терапия. Данные пациенты относятся к группе очень высокого кардиологического риска и требуют тщательного наблюдения в отдаленном послеоперационном периоде, в том числе четком соблюдении рекомендаций врача. В ФГБУ НМИЦК проведен анализ историй болезни, оценены отдаленные исходы КШ и приверженность к терапии у 100 пациентов, которым выполнено КШ в период 2016–2017 гг (ретроспективное исследование). Результаты были получены путем обзвона и анкетирования пациентов (Мориски-Грин-4), во время обзвона было получено информированное согласие. В качестве рассматриваемой "конечной точки" оценивали частоту смертельных исходов от сердечно-сосудистых причин (инфаркт, инсульт, сердечная недостаточность), возобновление клиники стенокардии напряжения, вновь выявленный СД 2 типа. Статистический анализ проведен при помощи программы IBM SPSS Statistics 23. Выявлена двухсторонняя средняя отрицательная корреляция между приемом препаратов и возобновлением клиники стенокардии напряжения ($r = -0,57$ по Пирсону).

Ключевые слова: приверженность к терапии, коронарное шунтирование.

Введение

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) остаются одной из ведущих причин смертности во всем мире. По оценкам всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в 2016 году от сердечно-сосудистых заболеваний умерло 17,9 миллиона человек, что составляет 31% всех случаев смертей в мире. (1) В Европе на цереброваскулярные заболевания и ишемическую болезнь сердца (ИБС) приходится 1,0 и 1,8 миллион смертей соответственно, что составляет 45% всех смертей. В Российской Федерации (РФ) ССЗ так же остаются ведущей причиной смертности на протяжении нескольких лет. По данным 2014 г. половина всех смертей в стране произошла по причине ССЗ, это около 1 млн. смертей, причем более 80% из них были связаны с ИБС и инсультами. В то же время, с 2006 г. благодаря широкому внедрению новых технологий, изменению принципов организации медицинской помощи, созданию центров здоровья и улучшению профилактики ССЗ, отмечается снижение смертности от ССЗ. (4). В настоящее время в арсенале врачей имеется большое количество эффективных лекарственных средств, а также высокотехнологичные виды медицинской помощи, включая хирургические вмешательства по реваскуляризации миокарда. Однако, несмотря на огромное количество ангиопластик и операций коронарного шунтирования (КШ), остановить эпидемию ССЗ и изменить ведущий вклад этих заболеваний в структуру смертности не удалось, коэффициенты смертности от ИБС по-прежнему остаются высокими (322,5 у мужчин и 296,8 — у женщин) (3).

При этом отмечается, что развитие ССЗ и ИБС тесно связано с образом жизни и такими факторами риска, как курение, алкоголь, нездоровое питание, избыточная масса тела, ожирение, недостаточная физическая активность, артериальная гипертензия, СД, психосоциальные факторы. В связи с этим проведение активной кардиоваскулярной профилактики в клинической практике является ключевым условием для дальнейшего снижения смертности от ССЗ.

Кардиоваскулярная профилактика в первую очередь направлена на коррекцию и контроль вышеперечисленных факторов риска, раннюю диагностику ИБС, пропаганду здорового образа жизни, использование доказанных методов лечения для снижения риска осложнений, улучшения прогноза и качества жизни больных. Существующие методы лечения ИБС (медикаментозные, эндоваскулярные, хирургические) оказываются высокоэффективными, но не приводят к полному излечению. Атеросклероз сосудов, лежащий в основе патологического процесса, продолжает прогрессировать. Риск сердечно-сосудистых осложнений у пациентов,

перенесших коронарное шунтирование, остается высоким, что требует дальнейшего его снижения за счет вторичной профилактики.

Существенной проблемой, ограничивающей успех в профилактике и лечении ИБС в настоящее время является низкая приверженность как к медикаментозным, так и к немедикаментозным методам лечения, что ухудшает прогноз и качество жизни больных. По определению ВОЗ приверженность к лечению — это степень соответствия поведения человека (прием лекарственных средств, соблюдение диеты и/или других изменений образа жизни) рекомендациям врача или медицинского работника. Приверженность к лечению является широким понятием и затрагивает всех участников лечебного процесса — от врача и пациента до организатора общественного здравоохранения.

Определено множество факторов, влияющих на соблюдение врачебных рекомендаций. Эти факторы подразделяют на 5 взаимовлияющих групп: факторы, связанные с пациентами, с врачами и организацией системы здравоохранения, факторы фармакотерапии, факторы заболевания и группа социально-экономических факторов (14). Приверженность к лечению подвержена половозрастным и социальным различиям. Высока значимость факторов, связанных непосредственно с пациентом. Когнитивные расстройства, тревога, депрессия, мужской пол, низкая информированность о болезни, забывчивость, низкий уровень вовлеченности, недоверие в отношениях с врачом приводят к снижению приверженности (15–19). Факторы, связанные с врачами и организацией системы здравоохранения, включают в себя высокую стоимость лекарств, приверженность врача к рациональной терапии. (14,20,21). Сложные схемы лечения, большое количество препаратов, их непереносимость, побочные эффекты препаратов неизбежно снижают приверженность (15). Наконец, высока роль социально-экономических факторов. Культурные убеждения, доход, уровень образования, удаленность от медицинских центров, статус занятости, условия жизни семьи влияют на приверженность к терапии (9, 15–17, 22, 23). Известно, что пациенты с низким уровнем социально-экономического статуса менее привержены к медикаментозной терапии. (5, 9, 22, 23).

В большинстве исследований используется достаточно простые непрямые методы оценки приверженности к терапии — анкетирование и опрос больных, оценка дневников самоконтроля, учет выписанных рецептов и лекарственных блистеров. В качестве простого опросника большой популярностью пользуется шкала Мориски-Грина (24–28). В последнее время в оценке приверженности актуальность приобретают

Таблица 1. Клиническая картина пациентов

Возраст	67,2±8,5 лет				
Пол	Мужчины-70%		Женщины-30%		
Класс стенокардии	Безболевая ишемия-6%	1 ф.к.-0%	2 ф.к.-8%	3 ф.к.-65%	4 ф.к.-21%
Вовлечение ствола ЛКА	42%				
Диффузное поражение КА	20%				
Крупноочаговый инфаркт миокарда	47%				
СД 2 типа	17%				
Перенесенный ОНМК/инсульт	11%				
Периферический атеросклероз (АСБ>50% в сосудах шеи/нижних конечностей)	35%				
Сердечная недостаточность	1 ф.к.-15%	2 ф.к.-22%	3 ф.к.-11%	4 ф.к.-5%	

*ф.к.-функциональный класс; ЛКА-левая коронарная артерия; КА-коронарные артерии; СД-сахарный диабет; ОНМК-острое нарушение мозгового кровообращения; АСБ-атеросклеротическая бляшка;

Таблица 2. Периоперационные показатели и частота послеоперационных осложнений

Среднее время ишемии	59,26±19,95 мин.
Среднее время ИК	90,61±28,19 мин.
Количество шунтов	3,5±0,5
Послеоперационный инфаркт миокарда	1%
Мерцательная аритмия	19%
Рестернотомия	5%
Энцефалопатия	3%
Дыхательная недостаточность	5%
Острая почечная недостаточность	4%
Потребность в кардиотонической поддержке	4%

приложения для смартфонов (26,27, 29). К прямым методам оценки приверженности относится измерение концентраций препаратов в крови и других биологических жидкостях, но эти методы дороги и обычно не используются в рутинной клинической практике.

Реваскуляризация миокарда на протяжении почти 50 лет остается одним из основных методов лечения ишемической болезни сердца (ИБС). Очевидно, что коронарное шунтирование (КШ), восстанавливая адекватный коронарный кровоток в пораженных артериях, ликвидирует клинику стенокардии, повышает жизненную активность и качество жизни оперированных больных (1–3). Данные пациенты относятся к группе очень высокого кардиологического риска и требуют тщательного наблюдения в отдаленном послеоперационном периоде, в том числе четком соблюдении рекомендаций врача.

Материалы и методы

В ФГБУ НМИЦК проведен анализ историй болезни, оценены отдаленные исходы КШ и приверженность к терапии у 100 пациентов, которым выполнено КШ в период 2016–2017гг (ретроспективное исследование). Результаты были получены путем обзвона и анкетирования пациентов (Мориски-Грин-4), во время обзвона было получено информированное согласие. В качестве рассматриваемой “конечной точки” оценивали частоту смертельных исходов от сердечно-сосудистых причин (инфаркт, инсульт, сердечная недостаточность), возобновление клиники стенокардии напряжения, вновь выявленный СД 2 типа. Статистический анализ проведен при помощи программы IBM SPSS Statistics 23.

Средний возраст пациентов составил 67,2±8,5 лет (из них 70% мужчин, 30% женщин). Более детальная

Таблица 3. Показатели приверженности к медикаментозной терапии

Оценка приверженности к терапии по шкале Мориски-Грина-4, в%	
Приверженные к терапии (4 балла)	93%
Недостаточно приверженные к терапии (3 балла)	2%
Не приверженные к терапии (1–2 балла)	5%

Таблица 4. Показатели по уровню принимаемых препаратов

Назначаемая группа препаратов	% пациентов, принимающие препараты	
	При выписке из стационара	Через 4–5 лет
Аспирин	94%	88%
Клопидогрель	20%	3%
Варфарин	1%	5%
НОАК	29%	40%
Бета-блокаторы	99%	88%
Статины	99%	93%
Дигидропиридиновые Антагонисты кальция	1%	11%
иАПФ/БРА	50%	74%
Диуретики	10%	12%
Гипотензивные препараты Центрального действия (моксонидин)	1%	2%
Пероральные Сахароснижающие Препараты	15%	8%
Инсулин	1%	2%
Нитраты	0%	10%

*НОАК-«новые» пероральные антикоагулянты; иАПФ/БРА-ингибиторы ангиотензин превращающего фермента/блокаторы ренин-ангиотензин альдостероновой системы

Таблица 5. Клиническая характеристика пациента и конечные точки через 4–5 лет после коронарного шунтирования

Возобновление стенокардии напряжения	Безболевая ишемия-0%	1 ф.к.-11%	2 ф.к.-5%	3 ф.к.-1%	4 ф.к.-0%
Инсульт/ОНМК	1%				
Вновь перенесённый ИМ	3%				
Вновь выявленный СД2 типа	22%				
Сердечная недостаточность	1 ф.к.-25%	2 ф.к.-10%	3 ф.к.-1%	4 ф.к.-0%	
Посттоработомический болевой синдром, потребовавший дополнительного назначения НПВС	27%				
Смерть (сердечная недостаточность)	1%				

*ф.к.-функциональный класс; СД-сахарный диабет; ИМ- инфаркт миокарда; ОНМК-острое нарушение мозгового кровообращения; НПВС-нестероидные противовоспалительные препараты;

клиническая характеристика пациентов представлена в таблице 1

Среднее время ишемии составило $59,26 \pm 19,95$ минут. Среднее время ИК составило $90,61 \pm 28,19$ минут. В среднем наложено $3,5 \pm 0,5$ шунта, в том числе с использованием Y-конструкции. У 1 пациента диагностирован послеоперационный инфаркт миокарда. У 19% в послеоперационном периоде зарегистрирована мерцательная аритмия. У 20% отмечено диффузное поражение коронарных артерий, практически у половины пациентов выявлено стволочное поражение сосудистого русла. Примерно у 1/3 пациентов выявлены сопутствующие атеросклероз периферических артерий и СД2 типа. Периоперационные показатели и частота послеоперационных осложнений представлены в таблице № 2.

Степень приверженности к терапии оценивали по шкале Мориски-Грин-4. Тест включал в себя 4 вопроса (4-item Morisky Medication Adherence Scale — MMAS-4), определяющие, пропускает ли больной прием лекарственных препаратов, если чувствует себя хорошо или плохо, забывает ли он принимать лекарства и внимательно ли относится к рекомендованному времени приема препаратов. На каждый вопрос предлагалось выбрать положительный или отрицательный ответ (да/нет). Каждый отрицательный ответ оценивается в 1 балл. Пациенты, набравшие 4 балла, считаются приверженными к терапии, 1–2 балла — не приверженными, 3 балла — недостаточно приверженными, с риском перехода в группу не приверженных к лечению (10). Показатели приверженности к медикаментозной терапии представлены в таблице 3.

В нашем исследовании частота приверженных к медикаментозной терапии оказалась достаточно высокой, что вероятно связано с активной вторичной профилактикой, включающей регулярное наблюдение пациента

врачом поликлиники, доступностью лекарственных средств.

В группу самых часто назначаемых препаратов вошли антиагреганты и антикоагулянты, статины, бета-блокаторы, ингибиторы ренин-ангиотензин-альдостероновой системы (иРАСС). В плане антитромботической терапии имеется тенденция через 4–5 лет в уменьшении приема аспирина и увеличении приема новых пероральных антикоагулянтов (НОАК), увеличении назначения иРААС. Прием статинов и бета-блокаторов оставался на достаточно высоком уровне. Показатели по уровню принимаемых препаратов представлены в таблице 4.

Через 4–5 лет после коронарного шунтирования клиника стенокардии возобновилась у 17% больных, вновь перенесенный инфаркт миокарда выявлен у 3%, 1 пациент умер от сердечной недостаточности. Выявлена двухсторонняя средняя отрицательная корреляция между приемом препаратов и возобновлением клиники стенокардии напряжения ($r = -0,57$ по Пирсону). В остальном достоверной корреляционной связи не отмечалось. Клиническая характеристика пациента и конечные точки через 4–5 лет после коронарного шунтирования представлены в таблице 5.

Заключение

Оценка приверженности к терапии и понимание причины снижения приверженности пациентов после коронарного шунтирования на амбулаторном этапе остается важной и актуальной задачей. Группа пациентов после коронарного шунтирования представляет собой когорту очень высокого сердечно-сосудистого риска, для которой реализация кардиопротективной стратегии означает пролонгированность эффекта проведенной реваскуляризации и прогноза жизни.

ЛИТЕРАТУРА

1. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ)-сердечно-сосудистые заболевания, 2017 г.
2. - Townsend N., Wilson L., Bhatnagar P. et al.: Cardiovascular disease in Europe: epidemiological update 2016. *European Heart Journal*, Volume 37, Issue 42, 7 November 2016, Pages 3232–3245, <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw334>.
3. Статистика сердечно-сосудистых заболеваний (данные Росстата).
4. -Бойцов С.А., Драпкина О.М., Самородская И.В. и др.: Сравнение российских регионов по уровню стандартизованных коэффициентов смертности от всех причин и болезней системы кровообращения в 2006–2016 гг. *Профилактическая медицина*. 2018;21(4): 4–12. DOI: 10.17116/profmed20182144.
5. Kulik A.: Quality of Life After Coronary Artery Bypass Graft Surgery Versus Percutaneous Coronary Intervention: What Do the Trials Tell Us? DOI: 10.1097/HCO.0000000000000458.
6. Lin. C., Yaseri. M., Pakpour A.H. et al: Can a Multifaceted Intervention Including Motivational Interviewing Improve Medication Adherence, Quality of Life, and Mortality Rates in Older Patients Undergoing Coronary Artery Bypass Surgery? A Multicenter, Randomized Controlled Trial with 18-Month Follow-Up. *Affiliations* expand PMID: 28004259 DOI: 10.1007/s40266-016-0429-3.
7. Hillis L.D., Smith P.K., Anderson J.L. et al.: 2011 ACCF/AHA guideline for coronary artery bypass graft surgery: Executive summary. *JTCVS* January 2012 Volume 143, Issue 1, Pages 4–34. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2011.10.015>.

8. Knuuti J., Wijns W., Saraste A. et al.: 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes: The Task Force for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*, Volume 41, Issue 3, 14 January 2020, Pages 407–477, <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz425>.
9. Барбараш О.Л., Бубнова М.Г., Князева Т.А. и др.: Коронарное шунтирование больных ишемической болезнью сердца. Реабилитация и вторичная профилактика. Российские клинические рекомендации. Москва, 2016 г.
10. Head S.J., Kieser, T.M., Falk V. et al.: Coronary artery bypass grafting: Part 1 — The evolution over the first 50 years. *Eur. Heart J.* — 2013. — Vol. 34, № 37. — P. 2862–2872. doi.org/10.1093/eurheartj/ehz330.
11. Kruger H., Zumwalt C., Guenther R. et al.: Disparities in secondary prevention of atherosclerotic heart disease after coronary artery bypass grafting in Northern Plains American Indians (2019), *Health Equity* 3:1, 520–526, DOI: 10.1089/hecq.2019.0030.
12. Hsu P.C., Chu C.Y., Feng W.H. et al.: The effects of secondary prevention after coronary revascularization in Taiwan [doi: 10.1371/journal.pone.0215811](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215811).
13. Ali M.A., Yasir J., Sherwani R.N. et al.: Frequency and Predictors of Non-Adherence to Lifestyle Modifications and Medications After Coronary Artery Bypass Grafting: A Cross-Sectional Study. PMID: 28822513 DOI: 10.1016/j.ihj.2017.05.017.
14. Yusuf S., Islam S., Chow C.K. et al. Prospective UrbanRural Epidemiology (PURE) Study Investigators. Use of secondary prevention drugs for cardiovascular disease in the community in high-income, middle-income, and low-income countries (the PURE Study): A prospective epidemiological survey. *Lancet* 2011; 378:1231–1243.
15. Kotseva K., Wood D., Bacquer D.D. et al.: EUROASPIRE IV: A European Society of Cardiology survey on the lifestyle, risk factor and therapeutic management of coronary patients from 24 European countries. DOI: 10.1177/2047487315569401.
16. Погосова Н.В., Оганов Р.Г., Бойцов С.А. и др.: Эффективность контроля факторов риска у пациентов с высоким сердечно-сосудистым риском в России и других странах Европы. *Сердце* 2017 (в печати).
17. Бубнова М.Г., Драпкина О.М., Гаврилова Н.Е. и др.: Кардиоваскулярная профилактика, Москва 2017. Российское кардиологическое общество. Национальное общество профилактической кардиологии. Российское общество профилактики неинфекционных заболеваний.
18. World Health Organization. Adherence to long-term therapies: evidence for action. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, Geneva, WHO 2003; 211 pp
19. Gaalema D.E., Elliott R.J., Morford Z.H. et al.: Effect of Socioeconomic Status on Propensity to Change Risk Behaviors Following Myocardial Infarction: Implications for Healthy Lifestyle Medicine. *Prog Cardiovasc Dis.* 2017 Jun-Jul; 60(1): 159–168. Published online 2017 Jan 5. [doi: 10.1016/j.pcad.2017.01.001](https://doi.org/10.1016/j.pcad.2017.01.001).
20. Salari A., Balasi L.R., Ashouri A. et al.: Medication Adherence and Its Related Factors in Patients Undergoing Coronary Artery Angioplasty. *Affiliations expand.* DOI: 10.15171/jcs.2018.032
21. Kähkönen O., Saaranen T., Kankkunen P. et al.: Predictors of Adherence to Treatment by Patients With Coronary Heart Disease After Percutaneous Coronary Intervention. DOI: 10.1111/jocn.14153
22. Jalal Z., Antoniou S., Taylor D. et al.: South Asians Living in the UK and Adherence to Coronary Heart Disease Medication: A Mixed- Method Study. DOI: 10.1007/s11096-018-0760-3.
23. Park G.L., Howie E.J., Whooley M.A. et al.: Psychosocial Factors and Medication Adherence Among Patients With Coronary Heart Disease: A Text Messaging Intervention. DOI: 10.1177/1474515114537024
24. Yu G., Zhang Y., Wang Y. et al.: Factors That Contribute to Poor Adherence to Statin Therapy in Coronary Heart Disease Patients From Chongqing and Measures to Improve Their Therapeutic Outcomes. DOI: 10.1016/j.gendis.2018.01.001.
25. Özdemir T., Şahin I., Avcı I.I. et al.: Assessment of Factors Related to Statin Non-Adherence in Patients With Established Coronary Artery Disease: A Single-Center Observational Study. DOI: 10.5543/TKDA.2017.89947
26. Levy A.E., Huang C., Huang A. et al.: Recent Approaches to Improve Medication Adherence in Patients with Coronary Heart Disease: Progress Towards a Learning Healthcare System. *Curr Atheroscler Rep.* 2018 Jan 24; 20(1): 5. Published online 2018 Jan 24. [doi: 10.1007/s11883-018-0707-0](https://doi.org/10.1007/s11883-018-0707-0).
27. Kaplan G.A., Keil J.E.: Socioeconomic factors and cardiovascular disease: a review of the literature. *Circulation.* 1993;88:1973–1998.
28. Culig J., Leppée M.: From Morisky to Hill-bone; Self-Reports Scales for Measuring Adherence to Medication. *Meta-Analysis Coll Antropol.* 2014 Mar;38(1):55–62.
29. Morawski K., Ghazinouri R., Krumme A. et al.: Association of a Smartphone Application With Medication Adherence and Blood Pressure Control: The MedISAFE-BP Randomized Clinical Trial. *Affiliations expand.* PMID: 29710289 PMCID: PMC6145760 DOI: 10.1001/jamainternmed.2018.0447. *JAMA Intern Med.* 2018 Jun 1;178(6):802–809. [doi: 10.1001/jamainternmed.2018.0447](https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2018.0447).
30. 2016;12(1):63–65 The Moriscos-Green scale: the pros and cons of universal test, correction of mistakes Y u.V. Lukina*, S. Yu. Martsevich, N.P. Kutishenko State Research Centre for Preventive Medicine. *Petroverigsky per.* 10.

© Фофанова Татьяна Вениаминовна (tanja.fofanova@gmail.com), Суботников Максим Вячеславович (dr_subotnikov@mail.ru),

Королев Сергей Александрович (mr.korolyow2013@yandex.ru), Агеев Файль Таипович (ftageev@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ БИОМАРКЕРОВ У ЖЕНЩИН С «МАЛЫМИ ФОРМАМИ» НАРУЖНОГО ЭНДОМЕТРИОЗА

BIOMARKER ANALYSIS IN WOMEN WITH "SMALL FORMS" OF EXTERNAL ENDOMETRIOSIS

**L. Tselkovich
R. Balter
A. Ibragimova
T. Ivanova
E. Blazhnova
A. Ohanisyan**

Summary. The informativeness of pro-inflammatory cytokines 1β (IL- 1β), interleukin 6 (IL-6) and tumor markers CA-125, HE-4, ROMA index in the dynamics of the menstrual cycle in women with stages I–II (according to rAFS) of external endometriosis was evaluated. The results of examinations of 208 patients were processed in accordance with medical statistics. It has been established that in the presence of clinical symptoms and dubious sonographic markers of external endometriosis, on days 3–5 and 21–23 of the menstrual cycle, an examination for biochemical markers IL- 1β and IL-6 is necessary, since their increase allows differentiating the presence of pathology.

Keywords: endometriosis, biomarkers, interleukin- 1β , interleukin-6, CA-125, HE-4, ROMA index.

Целкович Людмила Савельевна

Д. м. н., Самарский государственный медицинский университет, г. Самара
sataraoobs gyn2@yandex.ru

Балтер Регина Борисовна

К. м. н., профессор, Самарский государственный медицинский университет, г. Самара
sataraoobs gyn2@yandex.ru

Ибрагимова Алина Ришатовна

К. м. н., Самарский государственный медицинский университет, г. Самара
a.r.ibragimova@samsmu.ru

Иванова Татьяна Владимировна

К. м. н., Самарский государственный медицинский университет, г. Самара
t.v.ivanova@samsmu.ru

Блажнова Елена Михайловна

Соискатель, Самарский государственный медицинский университет, г. Самара
sataraoobs gyn2@yandex.ru

Оганисян Анна Тиграновна

Соискатель, Самарский государственный медицинский университет, г. Самара
sataraoobs gyn2@yandex.ru

Аннотация. Произведена оценка информативности провоспалительных цитокинов 1β (IL- 1β), интерлейкина 6 (IL-6) и опухолевых маркеров CA-125, HE-4, индекс ROMA в динамике менструального цикла у женщин с I–II стадиями (по rAFS) наружного эндометриоза. Результаты обследований 208 пациенток обработаны в соответствии с медицинской статистикой. Установлено, что при наличии клинических симптомов и сомнительных сонографических маркеров наружного эндометриоза, на 3–5 и 21–23 дни менструального цикла необходимо обследование на биохимические маркеры IL- 1β и IL-6, так как их повышение позволяет дифференцировать наличие патологии.

Ключевые слова: эндометриоз, биомаркеры, интерлейкин- 1β , интерлейкин-6, CA-125, HE-4, индекс ROMA.

В современной гинекологии одним из наиболее сложно диагностируемых заболеваний является **наружный эндометриоз**. Его так называемые «малые формы», вызывающие серьезные нарушения репродуктивной функции, в большинстве случаев диагностируются по косвенным признакам, сочетающим как сонографические, так и клинические маркеры [1].

Отметим, что распространение эндометриоза среди бесплодных женщин, по данным ряда исследований достигает 75%, причем у половины из них эндометриоз является источником хронической тазовой боли [2, 3]. Отсутствие четких диагностических критериев вызывает необходимость дополнительных исследований и существенно затягивает диагностику, приводя к отсрочке назначения лечения [4].

В настоящее время имеются отдельные работы, в которых предприняты попытки улучшения ультразвуковой диагностики (УЗД) «малых форм» эндометриоза.

Анализируя имеющийся современный опыт, произведена классификация ультразвуковых признаков (УЗ-признаки) стадий эндометриоза (по rAFS). Выделяются следующие **УЗ-признаки**:

- ◆ симптом складчатости;
- ◆ очаги поражения (до 5 мм) в проекции крестцово-маточных связок [5–7].

Помимо УЗД, предлагается использовать лабораторные критерии, обусловленные патогенетическими особенностями распространения эндометриозных гетеротопий, в частности, признаки развития адгезивного воспаления, которым сопровождается этот процесс [8].

По данным Кокрановской библиотеки в настоящее время предложено несколько действующих моделей биомаркеров. Их чувствительность и специфичность колеблется от 50–60 / 72–80 до 90 / 84,3%. Лучшие показатели по данным анализов крови получены в результате комбинации гидроксифингомиелина C16:1 и соотношением между фосфатидилхолином C36:2 и эфиром-фосфолипидом C34:2 [9, 10].

Вместе с тем предлагаемые биомаркеры сложно использовать в рутинной практике гинеколога, что увеличивает необходимость проведения дополнительных диагностических мероприятий и существенно отодвигает время оказания специализированной медицинской помощи женщинам с начальными формами наружного эндометриоза [11].

В ходе работы, в случаях с «малыми формами» наружного эндометриоза, проведено определение доступных биомаркеров, оценена их диагностическая ценность. Целью исследования стала оценка информативности провоспалительных цитокинов 1β (IL- 1β), интерлейкина 6 (IL-6) и опухолевых маркеров CA-125, HE-4, индекса ROMA в динамике менструального цикла у женщин с I–II стадией (по rAFS) наружного эндометриоза.

У 208 женщин, бесплодие которых ассоциировано с «малыми формами» эндометриоза [12] и которые составили основную группу, были определены биомаркеры в динамике менструального цикла (на 3–5 и 21–23 дни). Контрольную группу представили 195 фертильных женщин аналогичного возраста. У всех пациенток, вошедших в основную группу, распространенность и характер эндометриозных гетеротопий соответствовали 15 баллам (I–II стадия) соответственно классифи-

кации американского общества фертильности (rAFS). *Клинические проявления*, помимо бесплодия, включали диспареунию, дисменорею, синдром хронической тазовой боли. Интенсивность клинических проявлений определялась расположением эндометриозных гетеротопий. Группы были сопоставимы по основным медико-социальным параметрам. Полученные результаты обрабатывались в соответствии с рекомендациями медицинской статистики. Для систематизации полученных результатов использовались приложения Statistica12.6 (разработчик Dell) в системе Microsoft Windows 7.

Для выбора метода расчета определялась нормальность распределения признака в выбранных группах женщин (распределение по критерию Шапиро-Уилка в группах было нормальным).

Описание полученных результатов проводилось по ГОСТ Р 50779.10–2000 «Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения». Полученные показатели описывались с использованием среднего арифметического (M), стандартного отклонения (SD). Стандарт описания — $M(SD)$. Для проведения сравнения и значимости различий полученных данных, в группах использовался t -критерий Стьюдента для независимых выборок, а также критерий согласия χ^2 Пирсона (критический уровень значимости различий $p < 0,05$).

Результаты проведения исследований содержания интерлейкинов в периферической крови указывали на то, что у пациенток с «малыми формами» эндометриоза имелись статистически значимые различия с контрольной группой в начале менструального цикла (табл. 1).

Результаты исследования биомаркеров в сравниваемых группах свидетельствуют о том, что по таким показателям, как содержание IL- 1β , IL-6, CA-125 (как в начале менструального цикла, так и на 21–23 дни) имелись статистически значимые различия.

Среднее содержание CA-125 в основной группе на 3–5 день менструального цикла составило 42,6 (2,1) Ед/мл, на 21–23 день — 39,6 (2,2) Ед/мл ($p=0,32$); в контрольной группе — 5,1 (0,4) и 4,8 (0,7) Ед/мл, соответственно ($p=0,71$).

Укажем, что повышение CA-125 в основной группе также было выше, чем в контрольной, почти в восемь раз. Однако по показателям HE4 и индексу ROMA статистически значимых различий в группах получено не было, что свидетельствовало об отсутствии процессов малигнизации в эндометриозных очагах.

Таблица 1. Среднее содержание биохимических маркеров у женщин сравниваемых групп — формат М (SD)

Показатель	Основная группа (n = 208)	Контрольная группа (n = 195)	p ₁₋₂
3–5 день цикла			
IL-6 (пг/мл)	12,74 (0,32)	6,6 (0,6)	< 0,001
IL-1β (пг/мл)	15,1 (0,9)	4,7 (0,8)	< 0,001
СА-125(Ед/мл)	42,6 (2,1)	5,1 (0,4)	< 0,001
HE 4 (пмоль/л)	22,8 (2,5)	20,1 (2,8)	0,47
ROMA (%)	1,31 (0,2)	0,85 (0,2)	0,10
21–23 день цикла			
IL-6 (пг/мл)	7,4 (0,4)	2,1 (0,7)	< 0,001
IL-1β (пг/мл)	8,2 (0,3)	2,8 (0,4)	< 0,001
СА-125(Ед/мл)	39,6 (2,2)	4,8 (0,7)	< 0,001
HE 4 (пмоль/л)	21,5 (1,9)	18,4 (1,5)	0,2
ROMA (%)	1,13 (0,1)	0,69 (0,3)	0,16

Примечание. p₁₋₂ — показатель статистической значимости различий показателей в группах

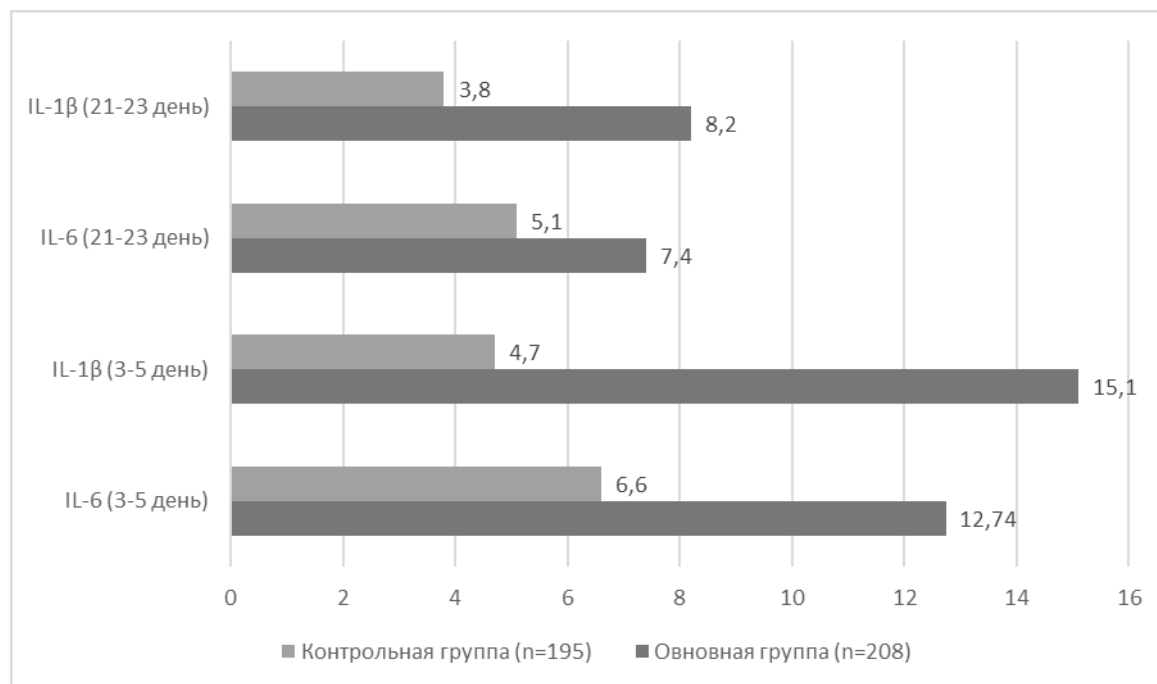


Рис. 1. Изменения динамики содержания интерлейкинов в периферической крови у женщин сравниваемых групп (пг/мл)

В контрольной группе таких резких колебаний уровней перечисленных биомаркеров не наблюдалось.

Среднее содержание HE-4 в основной группе на 3–5 день цикла составило 22,8 (2,5) пмоль/л, в контрольной группе — 20,1 (2,8) пмоль/л (p=0,47). На 21–23 день цикла — 21,5 (1,9) и 18,4 (1,5) пмоль/л, соответственно (p=0,2). Укажем, что статистически значимых различий между основной и контрольной группами по содержа-

нию HE-4 не выявлено. Динамических изменений в менструальном цикле также не наблюдалось.

Отметим, что по значениям индекса ROMA у всех пациенток в обеих группах риск малигнизации был минимальным.

Рассматривая приведенные выше показатели в динамике менструального цикла, установлено, что содер-

жание интерлейкинов в основной группе к 21–23 дню цикла статистически значимо снижалось, в то время как содержание СА-125 и HE-4 оставалось практически неизменным.

В контрольной группе таких резких колебаний рассматриваемых биомаркеров выявлено не было. Однако даже на 21–23 дни цикла среднее содержание интерлейкинов и СА-125 у женщин основной группы оставалось статистически достоверно выше, чем в контрольной группе (рис. 1).

Полученные данные свидетельствуют о том, что у женщин основной группы на 3–5 день менструального цикла среднее содержание IL-6 составило 12,74 (0,32) пг/мл, IL-1 β — 15,1 (0,9) пг/мл. В контрольной группе данные показатели были 6,6 (0,6) и 4,7 (0,8) пг/мл, соответственно ($p < 0,001$).

На 21–23 дни менструального цикла уровень интерлейкинов в основной группе существенно снизился и составил IL-6—7,4 (0,4) пг/мл и IL-1 β — 8,2 (0,3) пг/мл; в контрольной группе — 2,1 (0,7) и 2,8 (0,4) пг/мл, соот-

ветственно ($p < 0,001$). Определено, что разница в содержании интерлейкинов в начале и во второй фазе менструального цикла (как в основной, так и в контрольной группе) была пропорциональна — снижение содержания интерлейкинов в динамике цикла в обоих вариантах было в 1,7–1,8 раза. В тоже время абсолютные значения в основной и контрольной группах различались в 1,9–3,2 раза, как в начале цикла, так и во второй фазе.

Указанные изменения параметров интерлейкинов связаны с биологическим воспалительным ответом иммунной системы на заброс менструальной крови в начале менструального цикла в брюшную полость.

Таким образом, сделан вывод, что женщинам с клиническими симптомами (бесплодие, диспареуния, синдром тазовых болей) и сомнительными сонографическими маркерами наружного эндометриоза на 3–5 и 21–23 дни менструального цикла необходимо обследование на биохимические маркеры — IL-1 β и IL-6. Их повышение и изменения в динамике менструального цикла позволяют дифференцировать наличие патологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барто Р.А. Клиническое значение ультразвуковой диагностики в стадировании генитального эндометриоза // автореф. ... дис. ... канд. мед наук. — М.: «Московский областной научно-исследовательский институт акушерства и гинекологии» Министерства здравоохранения Московской области. — 2019. — 25 с.
2. Коган Е.А. Морфологический субстрат и патогенетические механизмы синдрома тазовой боли при эндометриозе. Часть II. Ремоделирование периферической нервной ткани в очагах эндометриоза / Е.А. Коган, А.С. Овакимян, Н.Б. Парамонова // Архив патологии. — 2016. — Т. 78 (3). — С. 20–25.
3. Коган Е.А., Аколова Е.О., Унанян А.Л. Бесплодие при эндометриозе: краткий очерк современных представлений // Пространство и Время. — 2017. — № 1. — С. 251–259.
4. Ившин А.А., Погодин О.О., Гусев А.В. Предикторы эндометриоза при бесплодии // Акушерство и гинекология. — 2021. — № 12. — С. 5–15.
5. Барто Р.А., Чечнева М.А. Ультразвуковая диагностика ретроцервикального эндометриоза / Альманах клинической медицины // 2015. — № 37. — С. 93–99.
6. Хачкузов С.Г. УЗИ в гинекологии. Симптоматика. Диагностические трудности. Руководство для врачей / СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2016. — 672 с.
7. Bazot M., Daraï E. Diagnosis of deep endometriosis: clinical examination, ultrasonography, magnetic resonance imaging, and other techniques // Fertil. Steril. — 2017. — Т. 108 (6). — P. 886–894.
8. Ahn S.H., Singh V., Tayade C. Biomarkers in endometriosis: challenges and opportunities // Fertil. Steril. — 2017. — Т. 107 (3). — P. 523–532.
9. May K.E., Conduit-Hulbert S.A., Villar J. Peripheral biomarkers of endometriosis: a systematic review // Hum Reprod Update. — 2010. — Т. 16 (6). — P. 651–674.
10. Young V.J., Brown J.K., Maybin J. Transforming growth factor- β induced Warburg-like metabolic reprogramming may underpin the development of peritoneal endometriosis // J Clin Endocrinol Metab. — 2014. — Т. 99 (9). — P. 3450–3459.
11. Адамян Л.В., Азнаурова Я.Б. Биомаркеры эндометриоза — современные тенденции / Проблемы репродукции. — 2018. — Т. 1. — С. 57–62.
12. Влияние перенесенного лечения миомы матки на рецепторный аппарат эндометрия / Л.С. Целкович, Р.Б. Балтер, А.Р. Ибрагимова, Т.В. Иванова [и др.] // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки». — 2022. — № 9. С. 232–237.

© Целкович Людмила Савельевна (samaraobsgyn2@yandex.ru), Балтер Регина Борисовна (samaraobsgyn2@yandex.ru), Ибрагимова Алина Ришатовна (a.i.ibragimova@samsmu.ru), Иванова Татьяна Владимировна (t.v.ivanova@samsmu.ru), Блажнова Елена Михайловна (samaraobsgyn2@yandex.ru), Оганисян Анна Тиграновна (samaraobsgyn2@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ДЕМЕНЦИЯ. ДИФФЕРЕНЦИРОВАННАЯ ДИАГНОСТИКА И ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫЙ ПОХОД К ЛЕЧЕНИЮ

DEMENTIA. DIFFERENTIATED DIAGNOSIS AND PERSONALIZED APPROACH TO TREATMENT

V. Shakhnovich
R. Shakhnovich
I. Salnikov

Summary. This article discusses the current modern problems of differential diagnosis of Dementia.

The focus of the article is on the reversibility of cognitive impairment in timely diagnosis using instrumental and laboratory methods of examining the patient's condition.

Setting the correct type of Dementia will give the practicing neurologist the opportunity to improve the cognitive abilities of the patient, and if the diagnosis has not yet been made, then due to timely visualization of instrumental data, a picture of laboratory parameters and objective data of interdisciplinary specialists, prevent the appearance of such symptoms and do preventive work.

Keywords: dementia, cognitive impairment, hydrocephalus, normotensive hydrocephalus, vascular dementia, Alzheimer's disease, differential diagnosis of dementia.

Шахнович Виктор Александрович

Профессор, д.м.н., врач-невролог, Центр Неврологии
Доктора Шахновича, г. Москва

Шахнович Роман Викторович

Врач-невролог, Центр Неврологии Доктора
Шахновича, г. Москва

Сальников Иван Сергеевич

Центр Неврологии Доктора Шахновича, г. Москва
doctor@salnikof.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются актуальные современные проблемы дифференциальной диагностики Деменции.

В центре внимания статьи обратимость когнитивных нарушений при своевременной диагностике с помощью инструментальных и лабораторных методов исследования состояния пациента.

Постановка верного типа Деменции даст практикующему врачу-неврологу возможность улучшить когнитивные способности пациента, а если диагноз еще не поставлен, то за счет своевременной визуализации инструментальных данных, картины лабораторных показателей и объективных данных междисциплинарных специалистов предотвратить появление таких симптомов и заняться профилактической работой.

Ключевые слова: деменция, когнитивные нарушения, гидроцефалия, нормотензивная гидроцефалия, сосудистая деменция, болезнь Альцгеймера, дифференциальная диагностика деменции.

Проблема дифференциальной диагностики при постановке диагноза Деменция остается актуальной у практикующего врача-невролога. Важно использовать современные методы инструментальных исследований для полной визуализации, которые можно будет сопоставить с данными клинического осмотра и грамотно объективизировать.

Выделяя типы Деменции, придерживаемся такому процентному соотношению, а именно на Болезнь Альцгеймера приходится около 34%, на Сосудистую Деменцию около 18% от всех Деменций, Фронтотемпоральная — 12%, Алкогольная — 10%; Деменция с тельцами Леви — 7%, Хорея Гентингтона — 5%, на другие типы Деменции — 14% [1]

Исходя из этого, сосудистая деменция — одна из часто встречающихся типов деменции является **Сосудистая деменция**. Причина развития сосудистой деменции нарушение функции сердечно-сосудистой системы. В патофизиологии изменений выделяют целый каскад процессов, который в свою очередь приводит к ишемии ткани головного мозга.

В результате гипертрофии и ремодуляции стенки сосуда происходит атеросклеротический процесс, что приводит к липогиалинолизу стенки сосуда. Экстравазация компонентов плазмы в артериальную стенку способствует периваскулярный отек и процессам асептического воспаления. В результате чего видим ишемию ткани головного мозга. [2]

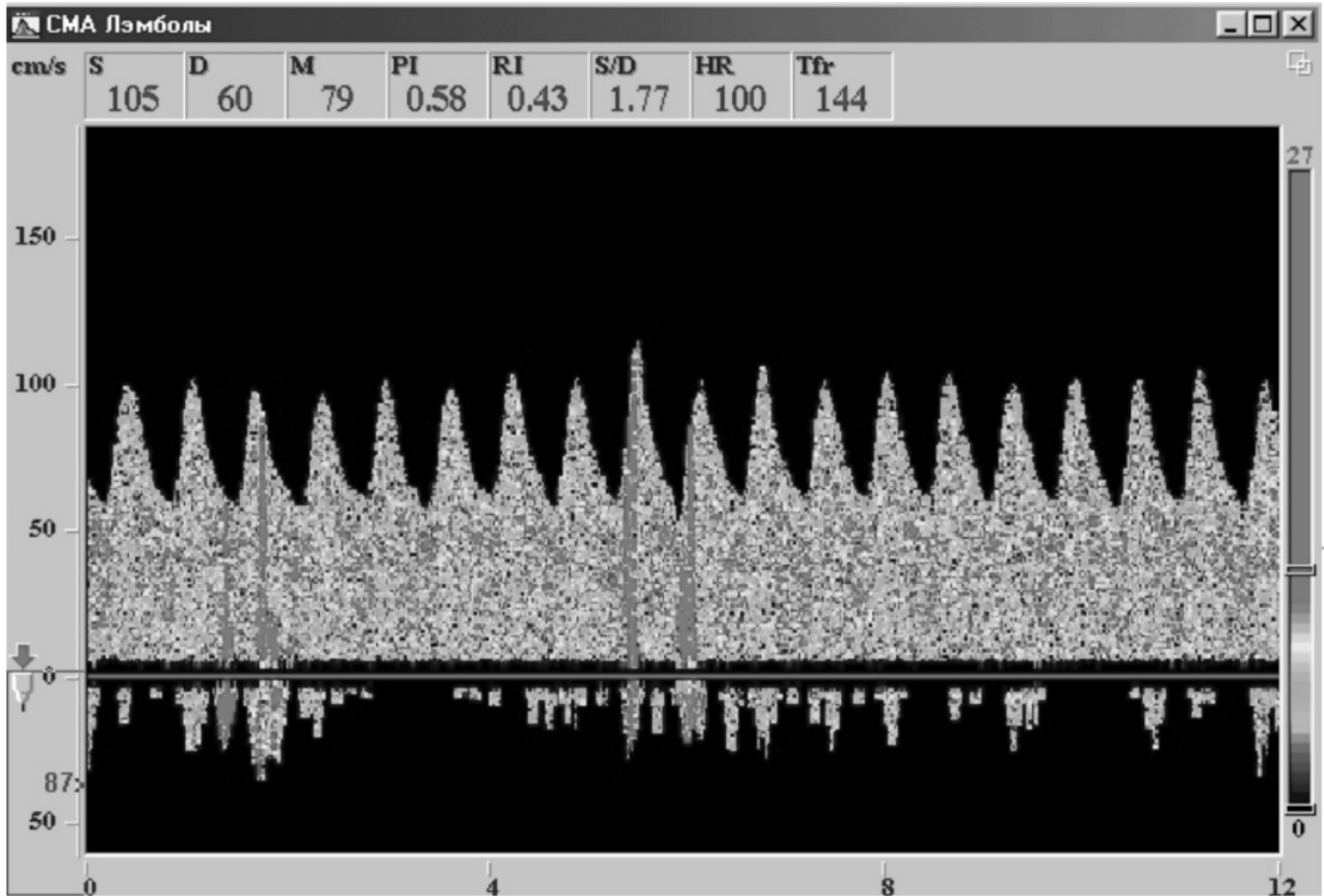


Рис. 1.

Выделяя важные аспекты диагностики сосудистой деменции, прибегаем к использованию транскраниальной доплерографии, суточному мониторингованию АД и ЭКГ, УЗИ БЦА. Немаловажным является лабораторная диагностика, в том числе общий анализ крови, коагулограмма, биохимический анализ крови с определением гомоцистеина, тропонина I, холестерина, NT-proBNP.

Патогенез развития сосудистой деменции основывается на:

- ◆ Длительно существующей АГ
- ◆ Повышении сосудистого сопротивления, а как следствие возрастает нагрузка на сердце
- ◆ В результате возникает хроническая неконтролируемая артериальная гипертензия
- ◆ Развивается липогиалиноз в сосудах микроциркуляции кровяного русла, с дальнейшим артериосклерозом.
- ◆ Возникает изменение физиологической реактивности сосудов и гипоперфузия в зонах терминального кровообращения
- ◆ В результате получаем лакунарные инфаркты в глубинных отделах головного мозга.

Одним из ведущих методов инструментальной и неинвазивной диагностики Деменции является Ультразвуковая доплерография. [3]

Исследование позволяет быстро и не инвазивно (ультразвуковым методом):

- ◆ Определить скорость артериального кровотока в сосудах головного мозга с определением резерва коллатерального кровообращения.
- ◆ Исследование венозного оттока из полости черепа позволяет оценить реактивность венозного оттока при изменении положения тела в пространстве, что позволяет судить о генезе нарушения оттока как спинно-мозговой жидкости, так и венозных стенозах/тромбозах. [4]

Основные патофизиологические факторы развития сосудистой деменции

На первом месте — нарушения ритма проводимости сердца сердца

- ◆ Нарушения ритма сердца (в том числе на фоне тиреотоксикоза)

- ◆ Фибрилляция предсердий (Мерцательная аритмия)
- ◆ SV тахикардии
- ◆ Бради-аритмии
- ◆ Би-Три-Квадро-гимении
- ◆ АВ блокады 2–3 степени (паузы более 2 секунд)
- ◆ На втором — артериальная гипертензия. [5]

Атеросклероз — значимый фактор при развитии сосудистой деменции.

- ◆ Пока сохранены покрывка и монослой эндотелия, покрывающие атеросклеротическую бляшку, проявления атеротромбоза носят стабильный характер.
- ◆ Нестабильность возникает при появлении трещин или разрыва фиброзной покрывки, когда дефект «прикрывается» тромбом, состоящим из тромбоцитов и сети фибрина, заполненной эритроцитами
- ◆ Поэтому так важно периодически контролировать уровень холестерина в крови на выявление атеросклеротических изменений, а также методом доплерографии выявлять первичные признаки, указывающие на атеросклероз сосудов.

Другим важным методом в дифференциальной диагностике деменции является

Мониторинг микроэмболов методом транскраниальной доплерографии. Транскраниальная доплерография используется в диагностике эмболии, стеноза, вазоспазма после субарахноидального кровоизлияния, деформации сосудов и др. [6] (рис. 1).

Транскраниальная доплерография сосудов — метод функциональной диагностики кровотока по магистральным сосудам шеи и головного мозга, основанный на феномене изменения частоты ультразвуковой волны при отражении от движущихся форменных элементов крови. [7]

Лабораторная диагностика при дифференциальной диагностике деменции:

- ◆ ОАК
- ◆ Коагулограмма
- ◆ б/х анализ крови с определением гомоцистеина, тропонина I, холестерина, NT-proBNP
- ◆ Гомоцистеин. Избыток гомоцистеина может приводить к образованию тромбов, повреждению стенки сосудов, делая ее более рыхлой, к отложению в ней холестерина и кальция с образованием атеросклеротических бляшек. [8]
- ◆ **NT-proBNP.** Доказано, что NT-proBNP является маркером фактора риска ишемического инсульта. Диагностика с помощью оценки NT-proBNP может помочь в выявлении лиц с высоким ри-

ском развития инсульта, оценки эффективности профилактического лечения. [9]

Нейропсихологические методики, используемые в диагностике когнитивных расстройств:

- ◆ Краткая шкала оценки психического статуса
- ◆ Монреальская шкала оценки когнитивных функций
- ◆ Тест пяти слов
- ◆ Тест рисования часов
- ◆ Методика «вербальных ассоциаций»

Реабилитационные мероприятия, направленные на сохранение и образования новых связей между нейронами головного мозга, должна начинаться с первых дней. [10]

Для сохранения энергетического баланса необходимо применение инфузионной терапии, направленной на снятие оксидативного стресса, отека клеточных мембран и ускорения цикла трикарбоновых кислот. [10]

Важно влиять на каскад биохимических процессов в нужный момент химической реакции. Например, в результате анаэробного гликолиза образуется пировиноградная кислота, а при добавлении к ней оксида углерода — образуется малат. Влияя на пировиноградную кислоту с помощью Ацетил-Коа с холином образуется полноценный Цикл Кребса. [11]

Комбинирование инфузионных антигипоксантов очень важно в подборе правильной схемы терапии у таких пациентов с когнитивными нарушениями.

- ◆ Глюкоза, Сукцинаты: *цитофлавин; мексидол*
- ◆ Малаты: *этоксидол.* Препараты влияющие на бета окисление: *карнитины*
- ◆ Гликолитические метаболиты: *эзофосфин, актовегин, рибоксин, панангин*
- ◆ Аллостерические эффекторы: *битаминопрепараты, электролиты*
- ◆ Фосфолирирующие средства: *цитохром С* [11]

Пример позднего обращения

Пациентка П. При осмотре психологом и проведении тестов выявлено:

Монреальская шкала оценки когнитивных функций — 19 баллов

Тест 5 слов — про непосредственном воспроизведении вспомнила 4 слов, отсрочено вспомнила 2 слова

При проведении ТК УЗДГ выявлено снижение скорости артериального кровотока в бассейне правой ВСА, правой СМА и ПМА

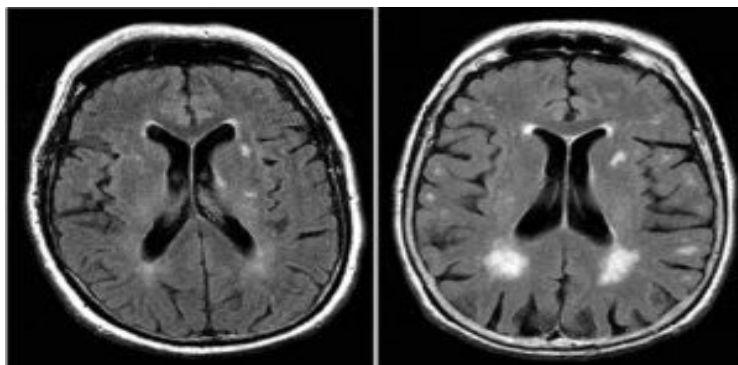


Рис. 2.



Рис. 3.

Дополнительный метод в диагностике Деменции является МРТ Головного мозга, где выявляются сосудистые очаги.

На снимках МРТ отмечено наличие очагов, скорее сосудистого генеза (рис. 2).

Клинически после курса сосудистой и метаболической терапии, что подтверждается данными транскраниальной доплерографии — отмечалось улучшение когнитивных навыков.

До курса терапии:

MoCA-Test — 19 баллов Тест 5 слов — 4 неоспр./2 остроч. ТК УЗДГ — СМА 75; ПМА 70

После курса сосудистой и метаболической терапии в течении 21 дня:

MoCA-Test — 24 балла Тест 5 слов 4 неоспр./4 остроч. ТК УЗДГ — СМА 95; ПМА 90 (рис. 3).

Синдром Хакима — Адамса

Синдром Хакима — Адамса (СХА), или нормотензивная гидроцефалия, включает в себя классическую триа-

ду симптомов: нарушение походки в результате атаксии или апраксии, или лобной дисбазии, деменцию и недержание мочи. Заболевание встречается редко, его часто принимают за ригидную форму болезни паркинсона, болезнь альцгеймера и распознают с трудом. [12]

Один из методов при дифференциальной диагностике деменции для возможного обратного регресса когнитивных нарушений является [12]

Транскраниальная ультразвуковая венография с позволяет оценить практикующему врачу-неврологу адекватную скорость кровотока по синусам головного мозга, в том числе с оценкой:

- ◆ линейной скорости оттока крови по прямому синусу с использованием ортостола (изменяющего положение тела от +90 до -30 градусов)
- ◆ церебровенозной ортостатической реактивности.

Для проведения данного вида исследования используется отечественный ортостол при ультразвуковой доплерографии. [14]

Патогенетический механизм изменения уровня плоскости при исследовании скорости кровотока с помощью ультразвуковой доплерографии при использовании ортостола можно объяснить так: [13]



Рис. 4.

- ◆ При антиортостазе происходит частичное перемещение ликвора из спинального в интракраниальное ликворное пространство, как следствие происходит повышение внутричерепного давления.
- ◆ Сдавление мостиковых вен в субарахноидальном пространстве и усиление коллатерального венозного кровотока по глубоким венам мозга и прямому синусу.
- ◆ Происходит увеличение скорости венозного кровотока в прямом синусе.

Патофизиологические механизмы нормотензивной гидроцефалии

- ◆ Повышение давления в дуральных (венозных) синусах головного мозга
- ◆ Уменьшение градиента между синусным и внутричерепным давлением
- ◆ Нарушение резорбции ликвора через арахноидальные ворсинки в верхний сагиттальный синус
- ◆ Развитие перивентрикулярного отека мозга, снижение податливости (compliance), снижение церебровенозной ортостатической реактивности вплоть до ареактивности, а как результат нарушение функции мозга с возникновением триады Хакима. [13]

Базисные исследования:

Соотношение между внутричерепным давлением (ICP-горизонтальная ось) и скоростью кровотока (BFV) в прямом синусе (вертикальная ось)	Соотношение между углом наклона тела (горизонтальная ось) и внутричерепным давлением (ICP-вертикальная ось)
--	---

[15,16]

Клинический пример

- ◆ Пациент Д. 70 лет:
- ◆ Жалобы на нарушение походки, значительное снижение памяти, невозможность обслуживать себя, нарушение мочеиспускания.

- ◆ По данным анамнеза, данное состояние нарастало в течении двух лет, настоящее ухудшение в течении месяца.
- ◆ Клинически у пациента классическая триада Хокима-Адамса. (отсутствие контроля тазовых функций, выраженное снижение когнитивных функций, изменение походки по типу лобно-подкорковой дисбазии).

Оценка по шкале MMSE составила 12 баллов, по шкале Бартела — 20 баллов

По данным МРТ — головного мозга отмечалось наличие выраженной внутренней гидроцефалии без признаков интракраниального блока ликвора.

Результаты проведенных исследований

- ◆ При проведении ТКД показатели скоростей оттока крови составили:
 1. В положении ортостаза — 67 см\сек
 2. В горизонтальном положении — 70 см\сек
 3. В положении антиортостаза — 73 см\сек.

Церебровенозная ортостатическая реактивность = 0.1 см/сек, град.

Эффект Тар-теста при диагностике нормотензивной гидроцефалии

- ◆ После тар-теста скорости оттока крови изменились:
 - ◆ 1) В положении ортостаза — 32 см\сек.
 - ◆ 2) В горизонтальном положении — 48 см\сек.
 - ◆ 3) В положении антиортостаза — 56 см\сек.
 - ◆ Церебровенозная ортостатическая реактивность — 0.26 см/сек, град.

В связи с полученными данными решено проведение операции по установке вентрикуло-перитонеального шунта.

- ◆ Клинически через 12 часов отмечалось улучшение походки. Появилась критика к собственному состоянию, ориентация в собственной личности и пространстве. Оценка по шкале MMSE составила 16 баллов, по шкале Бартела — 30 баллов. Данный эффект сохранялся около 4 дней.
- ◆ По данным контрольной ТКД, проведенной через 7 дней, скорости кровотока составили:
 - ◆ 1) В положении ортостаза — 18 см/сек.
 - ◆ 2) В горизонтальном положении — 27 см/сек.
 - ◆ 3) В положении антиортостаза — 35 см/сек.
- ◆ Клинически после восстановительного послеоперационного периода отмечалось улучшение когнитивных навыков, походки — пациент может самостоятельно вставать и передвигаться с помощью ходунков. Появился контроль над мочеиспусканием.
- ◆ MMSE — 20 баллов. Шкала Бартела — 50 баллов.

Синдром Хакима — обратимая деменция

- ◆ Полученные данные, свидетельствующие о нарушении венозного кровообращения мозга при нормотензивной гидроцефалии, совпадают с результатами исследований ряда авторов [17]
- ◆ Таким образом ТКД является неинвазивным и точным методом оценки изменения ликвородинамических соотношений после проведения тар-теста и ликворшунтирующих операций. [18]
- ◆ Полученные данные позволяют объективизировать результаты теста и принимать обоснованное решение о проведении ликворшунтирующей операции и контролировать проведённое лечение. [18]

Болезнь Альцгеймера

Базовой причиной заболевания являются отложения бета-амилоида (Aβ). Ген, кодирующий белок (APP), из которого образуется бета-амилоид, расположен на 21 хромосоме. К тому же APOE4, основной генетический фактор риска болезни Альцгеймера, приводит к избыточному накоплению амилоида в тканях мозга ещё до наступления симптомов. [19]

Наряду с амилоидной гипотезой изучается тау-гипотеза, согласно которой каскад нарушений запускается отклонениями в структуре тау-белка. [19]

Диагностика болезни Альцгеймера:

1. МРТ перфузионное исследование/ПЭТ-исследование.
2. Анализ крови: исследование ApoE с выявлением полиморфизма e2-e3-e4.
3. Анализ нейротрофических факторов: BDNF, NGF [20]

Разница в подходе лечения деменций

Сосудистая деменция — Глюкоза, Ремаксол, Панангин, Цитофлавин, Рибоксин, Сипара, Этоксидол/Мексидол, Брейнмакс, Цитохром, Цераксон/Глиатилин

Болезнь Альцгеймера — Ингибиторы холинэстеразы (Донепезил, Галантамин, Ривастигмин), NMDA-антагонист (Мемантин) Антипсихотические препараты (Нейролептики)

Синдром Хакима — Адамса — Диакарб, L-лизина эсцината, вентрикулоперитонеальное шунтирование. Оценка эффективности лечения мы оцениваем по венозной реактивности. [21]

Нейропластичность при патологических состояниях

Способность нервной системы к восстановлению при патологических состояниях — это сложный процесс, который объединяет несколько разнородных компонентов:

- ◆ количественные нейрональные перестройки;
- ◆ изменения нейрональных связей (восстановление старых и появление новых межнейронных связей и взаимодействий);
- ◆ реакцию глиальных элементов;
- ◆ изменение (появление/восстановление) структуры и функции нейрона;
- ◆ изменение (улучшение состояния) систем жизнеобеспечения нейрона, включая нейроглию и систему регуляции кровообращения головного мозга.

Иными словами, механизмы «нейропластичности» являются «эндогенными» факторами восстановления мозга. [22]

Активация нейропластичности — это индивидуальный подбор медикаментозной терапии и реабилитационных мероприятий. Роботизированные методики, эрготерапия, арт-терапия, лечебная физкультура, логопедия, физиотерапия, массаж. Нейропсихология с применением различных методов активации мозга, что приводит к реорганизации ЦНС.

Выводы

При любых видах деменции пациент должен находиться под динамическим наблюдением невролога, терапевта, нейропсихолога.

Необходимо регулярное проведение:

- ◆ Анализ крови для своевременного выявления и коррекции сопутствующей соматической патологии.
- ◆ Транскраниальная доплерография сосудов головного мозга
- ◆ ТК УЗДГ для оценки изменений артериального и венозного кровотока
- ◆ На современном этапе необходимо дифференцировать причины развития деменции, с помощью объективных методов визуализации и лабораторных и генетических анализов.
- ◆ Не инвазивная ультразвуковая венозная ангиография позволяет выявить различные типы изменения кровообращения: от нормореактивности, гиперреактивности и гипореактивности до ареактивности при атрофической гидроцефалии и сосудистой энцефалопатии.
- ◆ А полученные результаты позволяют объективизировать эффективность проводимых лечебных мероприятий и вовремя выявлять обратимые когнитивные нарушения у таких пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Распространенность различных видов деменций у лиц в возрасте до 65 лет (R.J. Hervey и соавт., 2003 г.)
2. Шмырев В.И., Васильев А.С., Рудас М.С. Дисциркуляторная энцефалопатия- вопросы патогенеза, диагностики, дифференциальной диагностики и лечения на современном этапе// Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2009. № 4. С. 31–36.
3. Журнал «ФАРМАТЕКА»; Актуальные обзоры; № 15; 2010; стр. 46–50. О.В. Котова. Отдел патологии вегетативной нервной системы НИЦ Первого МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва
4. Журнал «Вопросы нейрохирургии», 1980 г. № 3. Шевчиковский Е., Шахнович А.Р., Коновалов А.Н.
5. Патология нарушений ритма сердца: учеб.-метод. пособие / А.Н. Глебов, Ф.И. Висмонт. — Минск: БГМУ, 2014. — 39 с.
6. Антитромбоцитарные препараты для предупреждения и лечения атеротромбоза: метод. рекомендации /А.А. Королева, Ю.Л. Журавков. — Минск, 2012. — 32 с.
7. Журнал «Гений Ортопедии», 2002 г. № 4, Метод транскраниальной доплерографии в диагностике нарушений мозгового кровообращения В.А. Щуров
8. Зобова Д.А., Козлов С.А. Роль гомоцистеина в патогенезе некоторых заболеваний. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Журнал. № 3(39). 2016. С. 132–144.
9. Para L., Akinyi L., Liu M.C., et al. // Crit. Care. Med. — 2010. — No 38 (1).
10. Журнал «Практическая медицина» Современные подходы к реабилитации больных, перенесших инсульт. М.Ф. Ибрагимов, Ф.А. Хабиров, Т.И. Хайбуллин, Е.В. Гранатов 2 (57) апреля 2012 года.
11. Цит: Овезов А.М., 2009; Афанасьев В.В, 2010; Божко 2012
12. Журнал «В помощь практикующему врачу» — Деменция и умеренное когнитивное расстройство (дифференциальная оценка и терапия). УДК 669.89–008.454 Меркин А.Г., Комаров А.Н., Кажин В.А.
13. Шахнович В.А., Митрофанова Е.В., Шиманский В.Н., Коновалов Н.А., Шкарубо А.Н. Церебровенозная ортостатическая реактивность при патологии краниовертебрального перехода (мальформация Киари). Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко. 2015;79(6):61–70.
14. Журнал «Клиническая медицина» 21(4) 2019 г. Современные методики мониторинга внутричерепного давления. Остапенко Б.В. Войтенков В.Б. Марченко Н.В. Скрипченко Н.В. Васильева Ю.П. Клишкин А.В. Бедова М.А.
15. Schoser et al. J. Neurosurg 91:744–749, 1999
16. Chapman et al. Neurosurgery 26:181–189, 1990
17. Mase et al. — 2005, G. Bateman-2008, C. Beggs 2013
18. Bulletin of Medical Internet Conferences (ISSN2224–6150) 2017. Volume 7. Issue 7 www.medconfer.com © Bulletin of Medical Internet Conferences, 2017 1370 ID: 2017–07–23-A-16305 Краткое сообщение Шахнович В.А., Шахнович Р.В., Труханов П.А., Долганов М.А. Все ли болезни от нервов? Центр неврологии Доктора Шахновича, г. Москва
19. Корсакова Н.К. и др. Учебно-методическое пособие по нейропсихологической диагностике деменций альцгеймеровского типа. Москва, 1992.
20. Журнал «Случаи из практики» 06.2018 г. Диагностика болезни Альцгеймера с использованием ПЭТ/КТ: Клиническое наблюдени. Прокопенко С.В., Баранкин Б.В., Марьяна Н.М., Можейко Е.Ю., Зурицкая Е.М., Чанчикова Н.Г., Токарев Н.А, Карпова Е.А., Озерская А.В., Бадрин Е.А., Белугин К.В., Савельева А.А., Шелепевич Н.В.
21. Белоусов Ю.Б., Данилов А.Н., Зырянов С.К. Рациональные фармакотерапевтические алгоритмы ведения пациентов с болезнью Альцгеймера. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2010;110(7):59–64.
22. Журнал «Вестник Санкт-Петербургского Университета» — Фундаментальная наука и клиническая медицина 2013 г. сер. 11, вып. 4. — Проблемы нейропластичности и нейропротекции. В.А. Цинзерлинг. А.Д. Сапаргалиева, Ю.И. Вайншенкер, С.В. Медведев.

© Шахнович Виктор Александрович, Шахнович Роман Викторович,

Сальников Иван Сергеевич (doctor@salnikof.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS

Abazova I. — Associate Professor, Candidate of Medical Sciences, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov
abazova-inna@mail.ru

Achabayeva A. — Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov
aisha.aca@yandex.ru

Afanasyev S. — PhD in Law, Leading Specialist, Big Data Storage and Analysis Center, Lomonosov Moscow State University, Moscow
sergei.afanasev@digital.msu.ru

Ageev F. — MD, Professor; National Medical Research Center of Cardiology, Moscow
ftageev@gmail.com

Artemova N. — Candidate of medical sciences, docent, Orenburg State Medical University, Orenburg

Bachieva F. — Kabardino-Balkar State University named after H.M. Berbekov
bachieva.fatima00@mail.ru

Balashov R. — Head of the Center, LINK LLC
Roman.Balashov@lukoil.com

Balter R. — Candidate of Medical Sciences, Professor, Samara State Medical University, Samara
samaraobsgyn2@yandex.ru

Baryshev A. — Kuban State Medical University, Deputy Chief Physician for the Surgical Department of the Research Institute-Regional Clinical Hospital No. 1

Batrshina R. — Master student, Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla, Ufa
regi.mi@yandex.ru

Bittueva M. — Candidate of Biological Sciences, Kabardino-Balkarian State University named after A.I. HM. Berbekov, Nalchik
madbi@mail.ru

Blazhnova E. — Applicant, Samara State Medical University, Samara
samaraobsgyn2@yandex.ru

Blieva O. — Directorate Dispatcher, KBSU named after H.M. Berbekov (Nalchik)
roksy_85@mail.ru

Brattsev K. — Candidate of technical sciences, docent, K G Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University)
bk@fpv.ru

Bugrova O. — Doctor of medical sciences, professor, Orenburg State Medical University, Orenburg

Bulynsky D. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, oncologist of the Department of Breast Tumors of the Chelyabinsk Regional Clinical Center of Oncology and Nuclear Medicine, Chelyabinsk
denis.bu@yandex.ru

Cherevkov S. — Leading Specialist, Big Data Storage and Analysis Center, Lomonosov Moscow State University, Moscow
cherevkovss@digital.msu.ru

Chuvashov A. — Postgraduate student, Ukhta State Technical University, Ukhta
achuvashov@ugtu.net

Dolbunova D. — Leading Specialist, Big Data Storage and Analysis Center, Lomonosov Moscow State University, Moscow
daria.dolbunova@digital.msu.ru

Dzamikhova A. — Kabardino-Balkarian State University named after A.I. HM. Berbekova, Nalchik
Khazhirova.alya@mail.ru

Dzamikhova F. — Senior Lecturer, KBSU named after H.M. Berbekov (Nalchik)
taft80@mail.ru

Dzhioeva I. — PhD in economics, associate professor of A.A. Tibilov South Ossetian State University, Tskhinval, Republic of South Ossetia

Efimova Yu. — PhD in pedagogic, associate professor, Kazan national research technical university named after A.N. Tupolev, Chistopol branch "Vostok"
efjulia@mail.ru

Eremenko M. — Laboratory assistant, Kuban State Medical University
eremkamarinka@mail.ru

Eryemina O. — Postgraduate student of the «Russian State University A.N. Kosygin (Technology. Design. Art)»
olga_u_eryomina@mail.ru

Ezaova B. — Master's student, KBSU named after H.M. Berbekov (Nalchik)
alena_ezaova@mail.ru

Farrakhov A. — Assistant, IGMA, Izhevsk
faraonarturito@mail.ru

Fedorova V. — PhD, Associate Professor, Moscow State Technical University. N.E. Bauman
bmstukf@mail.ru

Fofanova T. — MD, Professor, Doctor of the highest qualification category; cardiologist, Senior Researcher, National Medical Research Center of Cardiology, Moscow
tanja.fofanova@gmail.com

Galikeeva G. — Ph.D., Associate Professor of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla, Ufa
galikeevagf@yandex.ru

Galimov A. — Senior Lecturer, Ufa State Oil Technical University, Ufa
Azat13Galimov@gmail.com

Galimova E. — Ph.D., Associate Professor of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla, Ufa
vemgen@gmail.com

Gavrilenko A. — Academician of the Russian Academy of Sciences, Institute of Clinical Medicine of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation; Petrovsky Russian Research Center of Surgery, Moscow

Georgieva M. — Senior Lecturer, KBSU named after H.M. Berbekov (Nalchik)
maryana.g@list.ru

Glazkov A. — Senior lecturer, State University of Management, Moscow

Goncharov A. — Candidate of technical sciences, docent, K G Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University)
a.goncharov@mgutm.ru

Guzeev O. — S.M. Kirov Military-Medical Academy

Ibragimova A. — Candidate of Medical Sciences, Samara State Medical University, Samara
a.r.ibragimova@samsmu.ru

Ibulaev R. — Candidate of Technical Sciences, Head of laboratory, LINK LLC
Robert.Ibulaev@lukoil.com

Igumnov A. — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Volga Polytechnic Institute, branch of Volgograd State Technical University, Volzhsky
IAJu1965@mail.ru

Ivannikov I. — Graduate student, Bunin Yelets State University
ivannikov.work@yandex.ru

Ivanova T. — Candidate of Medical Sciences, Samara State Medical University, Samara
t.v.ivanova@samsmu.ru

Ivanov K. — Doctor of medical sciences, professor, Orenburg State Medical University, Orenburg

Kertov A. — Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov

Khasauova A. — Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov

Khurzokova R. — Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov

Kornienko D. — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Bunin Yelets State University
dmkornienko@mail.ru

Korolev S. — Moscow State Medical and Dental University named after A.I. Evdokimov
mr.korolyow2013@yandex.ru

Korostelev A. — Oncologist of the Department of Breast Tumors, GAU "Chelyabinsk Regional Clinical Center of Oncology and Nuclear Medicine", Chelyabinsk
alexkorostelev.ak@gmail.com

Kovrova E. — Leading Specialist, Big Data Storage and Analysis Center, Lomonosov Moscow State University, Moscow
lubomirova.ek@digital.msu.ru

Kozhevnikova P. — Candidate of Technical Sciences, Ukhta State Technical University, Ukhta
pkozhevnikova@ugtu.net

Ksenofontov A. — Associate Professor, KBSU named after H.M. Berbekov (Nalchik)
a_ksenofontov@mail.ru

Kudryavtseva A. — Tambov State University, Russian Federation
qkudryavtseva@mail.ru

Kuleshov A. — Moscow State Technical University. N.E. Bauman
kuleshovai@student.bmstu.ru

Kulyasova O. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, State Agrarian University of Northern Trans-Urals, Tyumen
oksana-2505kul@mail.ru

Kuvykin V. — D. Sc. (Physics and Mathematics), professor, Lobachevsky State University (National Research University); Chief Specialist LINK LLC
kuvykin@itmm.unn.ru

Kuzmin V. — Professor, Doctor of Technical Sciences, MIREA — Russian Technological University, Moscow
vik271935@yandex.ru

Lazareva N. — Candidate of medical sciences, docent, Orenburg State Medical University, Orenburg
Okashechka@yandex.ru

Leonova O. — Associate Professor, Tambov State University, Russian Federation

Lobanov L. — Candidate of Medical Sciences, Deputy Chief Surgeon of the City Clinical Hospital No. 1. 672039 Chita
leonid.lobanov74@mail.ru

Lobanov S. — MD, Professor, "Chita State Medical Academy", Chita
slobanov15@mail.ru

Lobanov Yu. — Candidate of Medical Sciences, "Chita State Medical Academy", Chita
yuriilobanov@mail.ru

Lovpache Z. — Kabardino-Balkar State University named after H.M. Berbekov
lovpache.zarema@mail.ru

Lyapina S. — Associate Professor, Candidate of Biological Sciences of the N.P. Ogarev Mordovian State University

Lyubskaya O. — Doctor of Medicine, «Russian State University A.N. Kosygin (Technology. Design. Art)»
lyubskaya-og@rguk.ru

Meleshkevich M. — Economist, LLC LUKOIL-Nizhegorodnefteorgsintez, Kstovo
meleshkevichma@mail.ru

Miklyaev S. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Tambov State University, Russian Federation
miklaev@mail.ru

Miroshnichenko Igor Vasilyevich — Doctor of medical sciences, professor, Orenburg State Medical University, Orenburg

Monakhov M. — Doctor of Engineering, Professor, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Department of Informatics and Information Protection; Head of the Department, Vladimir
mmonakhov@vlsu.ru

Mushinsky V. — Lead Engineer, LUKOIL-Usinskneftegaz CCI, Usinsk
pavlov0311@inbox.ru

Mustafina S. — Master student, Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla, Ufa
s.mustafina98@bk.ru

Muzhikov S. — Candidate of Medical Sciences, Kuban State Medical University, Research Institute-Regional Clinical Hospital No. 1
stas200682@mail.ru

Nagornova K. — Candidate of medical sciences, docent, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg

Ohanisyan A. — Applicant, Samara State Medical University, Samara
samaraobsgyn2@yandex.ru

Orlov S. — Dr., Professor, Samara State Technical University
orlovsp1946@gmail.com

Petrakov N. — Graduate student, Bunin Yelets State University
petrakov_1997@mail.ru

Petrova M. — Bashkir State Medical University, Republican Clinical Oncological Dispensary of the Ministry of Health of the Republic of Belarus, Ufa
marinapetrova.03@mail.ru

Petrova O. — Postgraduate student, Bashkir State Medical University, Republican Clinical Oncological Dispensary of the Ministry of Health of the Republic of Belarus, Ufa
Foxy1906@mail.ru

Porechny S. — Candidate of of Physical and Mathematical Sciences, Docent, FSBEI HE Ufa University of Science and Technology (UUNIT)
porechny@mail.ru

Prikhodko D. — Master's degree, engineer of computing and electronic computing machines, FSU FNC NIISI RAS, Moscow
mitry1205@mail.ru

Rakov D. — Leading Specialist, Big Data Storage and Analysis Center, Lomonosov Moscow State University, Moscow
rakov.d@digital.msu.ru

Rytikov G. — PhD in physical and mathematical sciences, associate professor, general director of Impact Electronics LLC, Moscow
GR-yandex@yandex.ru

Salnikov A. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Tambov State University, Russian Federation

Salnikov I. — The Center of Neurology of Dr. Shakhnovich, Moscow
doctor@salnikof.ru

Samylov V. — Oncologist of the Department of Breast Tumors, Chelyabinsk Regional Clinical Center of Oncology and Nuclear Medicine, Chelyabinsk
vsamylov@gmail.com

Sarkhanidze Ya. — Graduate student of Petrovsky Russian Research Center of Surgery, Moscow

Semeleva E. — Professor, MD of the N.P. Ogarev Mordovian State University

Shagvaliev R. — Graduate student, Kazan National Research Technical University A.N. Tupolev - KAI
sbln@mail.ru

Shakhnovich R. — Neurologist, The Center of Neurology of Dr. Shakhnovich, Moscow

Shakhnovich V. — Professor, Doctor of Medical Sciences, neurologist, The Center of Neurology of Dr. Shakhnovich, Moscow

Shapovalov K. — Doctor of Medical Sciences, Professor, "Chita State Medical Academy", Chita
shkg26@mail.ru

Shitov E. — Leading Specialist, Big Data Storage and Analysis Center, Lomonosov Moscow State University, Moscow
egor.shitov@digital.msu.ru

Sigal Z. — Honored Scientist of the Russian Federation, Doctor of Medical Sciences, Professor, FGBOU VO IGMA, Izhevsk
oper-surg@igma.udm.ru

Staroverov I. — Assistant, MIREA — Russian Technological University, Moscow
st.igornik@gmail.com

Subotnikov M. — Laboratory assistant-researcher, National Medical Research Center of Cardiology, Moscow
dr_subotnikov@mail.ru

Surnina O. — Doctor of Medical Sciences, IGMA, Head. Department of Ultrasound Diagnostics, BUZ UR "Republican Clinical and Diagnostic Center of the Ministry of Health of the UR", Chief Freelance Specialist in Ultrasound Diagnostics of the Ministry of Health of Udmurtia, Chairman of the Society of Ultrasound Diagnostics Physicians of the UR, doctor of the highest category, Izhevsk
uzd-ur@mail.ru

Teplykh L. — PhD in pedagogic, associate professor, Kazan national research technical university named after A.N. Tupolev, Chistopol branch "Vostok"
ludmila_templ@mail.ru

Tereshin O. — Ph.D., Head of the Oncological Department of Tumors, Chelyabinsk Regional Clinical Center of Oncology and Nuclear Medicine, Chelyabinsk
olegter@mail.ru

Teuvov A. — Associate Professor, Candidate of Medical Sciences, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov
teuw@mail.ru

Tlepshева D. — KBSU named after H.M. Berbekov (Nalchik)
tliepshieva@list.ru

Trostianskiy S. — PhD in Economic, Leading Specialist, Big Data Storage and Analysis Center, Lomonosov Moscow State University, Moscow
sergey.trostiansky@digital.msu.ru

Tselkovich L. — Doctor of Medical Sciences, Samara State Medical University, Samara
samaraobsgyn2@yandex.ru

Tuchkina L. — Candidate of pedagogical sciences, docent, K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University)
l.tuchkina@mgutm.ru

Tutukov A. — Associate Professor, Candidate of Medical Sciences, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov
tutukovab@mail.ru

Tyaptirgyanov M. — Doctor of Biological Sciences, Professor the Institute of Natural Sciences, the North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov
matyap@mail.ru

Urakov A. — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Docent, FSBEI HE Ufa University of Science and Technology (UNIT)
urakov@ufanet.ru

Uymin A. — Senior Lecturer, National University of Oil and Gas «Gubkin University», Moscow
au-mail@ya.ru

Vanyakina O. — N.P. Ogarev Mordovian State University
shtanina37@mail.ru

Volkhonskaia E. — Graduate student, Samara State Technical University
lizaveta5.6@mail.ru

Voronin T. — Specialist, Big Data Storage and Analysis Center, Lomonosov Moscow State University, Moscow
voronin@digital.msu.ru

Vysotin A. — Moscow State Technical University. N.E. Bauman
visotin_andrey@mail.ru

Vysotin O. — Candidate of Technical Sciences, Professor of the Academy of Military Sciences Federal Service for Technical and Export Control, FSTEC of Russia
visotin@mail.ru

Yashin D. — Candidate of pedagogical sciences, docent, K G Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University)
d.yashin@mgutm.ru

Ye Haoran — Graduate student Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow
yehaorandc@gmail.com

Zakhokhov R. — Associate Professor, Candidate of Medical Sciences, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov
zakh-rus@mail.ru

Zelentsova E. — PhD, Associate Professor, Moscow State Technical University. N.E. Bauman
katez@mail.ru

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 допускаются.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Литература составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные - 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» (e-mail: redaktor@nauteh.ru).