

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№1 2022 (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>

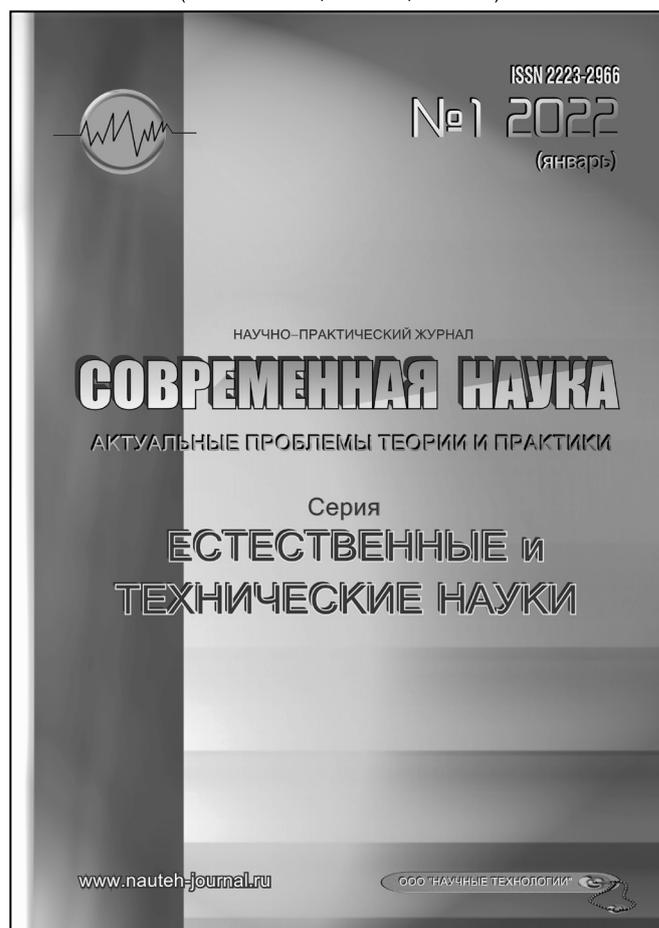
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(БАК 05.13.00, 03.02.00, 14.01.00)



В НОМЕРЕ:

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

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

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

Журнал отпечатан в типографии
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296
Подписано в печать 25.01.2022 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 Мурадovich — 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 Ильясovich — 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

Азовскова О.В., Федосов Е.А., Кондратьева А.Г., Безбородова Д.С., Комисаренко О.Д. — Анализ состояния облигатной нормальной микрофлоры кишечника у пожилых пациентов принимающих статины
Azovskova O., Fedosov E., Kondratieva A., Bezborodova D., Komisarenko O. — Analysis of the state of the obligate normal intestinal microflora in elderly patients taking statins7

Бисултанова З.И., Ацаева М.М., Джамбетова П.М. — Использование геномных SSR-маркеров, RAPD и ISSR-анализа для оценки генетического разнообразия одуванчика лекарственного
Bisultanova Z., Atsaeva M., Dzhambetova P. — Use of genomic SSR markers, RAPD and ISSR-analysis to assess the genetic diversity of dandelion officinalis ... 12

Галимова Э.М., Галикеева Г.Ф., Галимов А.М., Губайдуллина Р.И., Хасбатуллина Г.В. — Молекулярно-генетическое исследование особенностей функционирования основных иммунорегуляторных цитокинов у высококвалифицированных спортсменов, специализирующихся по виду спорта «плавание»
Galimova E., Galikeeva G., Galimov A., Gubaidullina R., Khasbatullina G. — Molecular-genetic study of peculiarities of functioning of basic immunoregulatory cytokines in highly qualified athletes by the sport "swimming".17

Мамедова Ш.Э. — Характеристика элементов структуры урожайности генотипов чечевицы статистическими методами (*Lens culinaris Medik*)
Mamedova Sh. — Characterization of elements of productivity in lentil (*Lens culinaris Medik*) genotypes by statistical methods.21

Фатихова И.В., Кутлин Н.Г. — Основные проблемы акустического загрязнения города Оренбург
Fatikhova I., Kutlin N. — The main problems of acoustic pollution in the city of Orenburg27

Информатика, вычислительная техника и управление

Андрюхин А.Г., Грачев Н.Н., Львов Н.С. — Программный комплекс для мониторинга работоспособности и производительности узлов территориально- распределенной сети
Andryukhin A., Grachev N., Lvov N. — A software package for monitoring the health and performance of nodes in a geographically distributed30

Антипенко В.С., Бабич Н.С., Бабич М.Д., Касименко Л.М. — Логистика управления запасами на машиностроительном предприятии
Antipenko V., Babich N., Babich M., Kasimenko L. — Inventory management logistics in a machine-building enterprise37

Асташина О.В. — Модель оценки компетенций с использованием нечетких алгоритмов для синхронизации ПС и ФГОС 3++
Astashina O. — Competence assessment model based on fuzzy logic algorithms for FGOS3++ and PS synchronization43

Британ А.А., Макуха Л.В., Сидоров А.Ю., Писарев И.С. — Виртуальная лаборатория двигателей внутреннего сгорания
Britan A., Makukha L., Sidorov A., Pisarev I. — Virtual laboratory of internal combustion engines.49

Галемов Р.Т., Масальский Г.Б. — Система адаптивного управления и планирование траектории манипулятора для работы в динамической среде
Galemov R., Masalsky G. — Adaptive control system and manipulator trajectory planning for operating in a dynamic environment56

Гончаров Д.В., Свиридова И.В. — Анализ способов определение выгодного местоположения предприятий на основе нейро-нечеткого анализа
Goncharov D., Sviridova I. — Analysis of methods determination of profitable location of enterprises based on neuro-fuzzy analysis.63

Зайцев Д.С. — Специфика моделирования информационных ресурсов <i>Zaitsev D.</i> — Specificity of modeling information resources68	Седова Н.А., Баженов Р.И., Дорофеев А.С., Глушков С.В. — Машинное обучение нейросетевого классификатора для интеллектуального авторулевого на нечеткой логике <i>Sedova N., Bazhenov R., Dorofeev A., Glushkov S.</i> — Machine learning of neural network classifier for intelligent autopilot on fuzzy logic109	
Лукьянов Л.М. — Компьютерное тестирование кандидатов на должность в организации на основе искусственных нейронных сетей <i>Lyukanov L.</i> — Computer testing of candidates for job position based on neural networks72	Симанков В.С., Дриленко А.А. — Анализ проблем комплексной безопасности критических информационных систем <i>Simankov V., Drilenko A.</i> — Analysis of problems of complex security of critical information systems ...116	
Муртазина А.Р. — Разработка плагина для создания графических элементов на основе методов комбинаторики <i>Murtazina A.</i> — Development of a plugin for creating graphic elements based on combinatorial theory77	Трофимов Е.А. — Болевые точки искусственного интеллекта <i>Trofimov E.</i> — Pain points artificial intelligence121	
Муртазина А.Р., Смирнов Е.Е. — Разработка концепции интернет-приложения для создания 3D-визуализации индивидуального украшения с помощью WebGL и Blender <i>Murtazina A., Smirnov E.</i> — Development of the concept of an Internet application for creating 3D visualization of an individual decoration using WebGL and Blender.82	Урвачёв П.М., Довгаль В.В., Будников К.А., Ирхин С.Э. — Актуальные методы и инструменты выявления потенциально опасного контента в сети интернет <i>Urvachev P., Dovgal V., Budnikov K., Irkhin S.</i> — Current methods and tools for detecting potentially dangerous content on the internet126	
Николаева А.С., Терехов В.И., Афанасьев Г.И. — Место процессной аналитики в современных исследованиях <i>Nikolaeva A., Terekhov V., Afanasiev G.</i> — Process analytics in modern researches87	Клиническая медицина	
Подгорский В.А. — Разработка программы визуализации диагностической информации платформы RadixWare <i>Podgorsky V.</i> — Development of a program for visualization of diagnostic information for the RadixWare platform91	Аксенова С.В., Кумакшева Т.Н., Васильева О.А., Хозина Е.А. — Анализ эффективности хирургического лечения первичной открытоугольной глаукомы с применением дренажных устройств <i>Aksenova S., Kumaksheva T., Vasilyeva O., Khozina E.</i> — Analysis of primary open-angle glaucoma surgical treatment efficiency with drainages using134	
Поспелов П.И., Таташев А.Г., Терентьев А.В., Трофименко Ю.В., Яшина М.В. — Системы обслуживания как модели трафика и приложения к экологическим проблемам <i>Pospelov P., Tatashev A., Terentyev A., Trofimenko Yu., Yashina M.</i> — Service systems as traffic models and applications to environmental problems100	Арсюкова О.К. — Сравнительная характеристика нуждаемости в ортодонтическом лечении среди учащихся бюджетных учреждений и воспитанников детских домов и школ-интернатов города Москвы <i>Arsyukova O.</i> — Comparative characteristics of the need for orthodontic treatment among students of budgetary institutions and inmates of orphanages and boarding schools in the city of Moscow138	

- Аюпова Ф.С., Волобуев В.В., Собирова Ж.В.** — Структура патологии полости рта у детей, обратившихся за стоматологической помощью в периоде временного прикуса
Ayupova F., Volobuev V., Sobirova Zh. — The structure of the pathology of the oral cavity in children who sought dental care during of occlusion in primary dentition144
- Гаджиев А.Г.** — Особенности и механизмы развития остеопорозов в различные возрастные периоды развития человека (обзор литературы)
Hajiyev A. — Features and mechanisms of development of osteoporosis in various age periods of human development (literature review)148
- Гаджиев Г., Ионин В.П.** — Преимущества и недостатки лапароскопических хирургических вмешательств при раке ободочной кишки
Gadzhiev G., Ionin V. — Advantages and disadvantages of laparoscopic surgery in color cancer157
- Жалилов А.К., Вищипанов А.С.** — Интраоперационная оценка жизнеспособности миокарда при реваскуляризации на работающем сердце. Клинический случай
Jalilov A., Vischipanov A. — Intraoperative assessment of myocardial viability in beating heart revascularization. Clinical case163
- Зюлькина Л.А., Булкина Н.В., Иванов П.В., Камышов С.С., Аведова Д.Ю., Небылицын И.В.** — Исследование параметров микроциркуляции при использовании различных композиций остеопластических материалов в ходе реконструктивных вмешательств в полости рта в эксперименте
Ziulkina L., Bulkina N., Ivanov P., Kamyshev S., Avedova D., Nebylicyn I. — Investigation of microcirculation parameters when using various compositions of osteoplastic materials during reconstructive procedures in the oral cavity in an experiment168
- Калиматова Д.М., Доброхотова Ю.Э.** — Изменения гемостаза у пациенток с эндометриодными кистами яичников, перенесших инфекцию вирусом SARS-CoV-2
Kalimatova D., Dobrokhotova Yu. — Changes in hemostasis in patients with ovaries endometrioid cysts with SARS-CoV-2 infection in anamnesis171
- Кузьмина Ю.Б.** — Неалкогольная жировая болезнь печени и ассоциированная с ней патология сердечно-сосудистой системы: клиническая и ультразвуковая картина
Kuzmina Yu. — Non-alcoholic fatty liver disease abd associated patology of cardiovascular system: clinical and ultrasound picture177
- Мочалова А.С.** — Определение контрольных точек иммунного ответа у пациентов со злокачественной опухолью, получающих иммунную терапию
Mochalova A. — Determination of immune response checkpoints in cancer patients receiving immune therapy182
- Рожкова М.Г., Фищев С.Б., Лепилин А.В., Климов А.Г., Севастьянов А.В., Орлова И.В., Пуздырева М.Н., Субботин Р.С., Попов В.П.** — Особенности лечения пациентов с макродонтией
Rozhkova M., Fishchev S., Lepilin A., Klimov A., Sevastyanov A., Orlova I., Puzdyreva M., Subbotin R., Popov V. — Features of treatment of patients with macrodontia189
- Рябов А.Ю., Иванова Т.В., Ильченко О.А., Требунских А.С.** — Особенности показателей углеводного обмена и содержания рецепторов к конечным продуктам гликирования у беременных с алиментарным ожирением
Ryabov A., Ivanova T., Ilchenko O., Trebunskikh A. — Features of carbohydrate metabolism indicators and the content of receptors for the end products of glycation in pregnant women with alimentary obesity196
- Саидова З.М., Ахмедханов С.Ш., Саидов М.С., Саидова Б.М., Бейбалаева А.Т., Абдуллаева Б.С.** — Некоторые аспекты заболеваемости ревматоидным артритом населения Республики Дагестан
Saidova Z., Akhmedkhanov S., Saidov M., Saidova B., Beibalaeva A., Abdullaeva B. — Some aspects of rheumatoid arthritis incidence in the population of the Republic of Dagestan202
- Слепушкин В.Д., Тобоев Г.В., Короева М.О.** — Изменения степени оксигенации тканей при дентальной имплантации
Slepushkin V., Toboev G., Koroeva M. — Changes in the degree of tissue oxygenation during dental implantation211

Ховайко В.А. — Затрудненное прорезывание третьих моляров. Обзор литературы <i>Khovayko V.</i> — Hard cutting of third molars. Review of literature.215	Яновский К.Г. — Влияние тиоктовой кислоты на риск сердечно-сосудистых событий у пациентов с впервые выявленным сахарным диабетом 2 типа после перенесенного инфаркта миокарда <i>Yanovsky K.</i> — The effect of thioctic acid on the risk of cardiovascular events in patients with newly diagnosed type 2 diabetes mellitus after myocardial infarction.229
Чахчахов Я.А., Моргунов Д.В., Михаленко Е.С. — Вакуумная терапия с использованием попеременного отрицательного давления в гнойной хирургии <i>Chakhchakhov Ya., Morgunov D., Mikhailenko E.</i> — Vacuum therapy using alternating negative pressure in purulent surgery219	
Щенин А.В., Пащенко В.Е., Маслихова Р.И., Борисов В.В. — Влияние местной анестезии на результаты хирургического лечения флегмон клетчаточных пространств челюстно-лицевой области, первично связанных с нижней челюстью <i>Shchenin A., Pashchenko V., Maslichova R., Borisov V.</i> — The effect of local anesthesia on the results of surgical treatment of phlegmon of cellular spaces of the maxillofacial region, primarily associated with the lower jaw.225	
	Информация
	Наши авторы. Our Authors238
	Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале243

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ОБЛИГАТНОЙ НОРМАЛЬНОЙ МИКРОФЛОРЫ КИШЕЧНИКА У ПОЖИЛЫХ ПАЦИЕНТОВ ПРИНИМАЮЩИХ СТАТИНЫ

ANALYSIS OF THE STATE OF THE OBLIGATE NORMAL INTESTINAL MICROFLORA IN ELDERLY PATIENTS TAKING STATINS

**O. Azovskova
E. Fedosov
A. Kondratieva
D. Bezborodova
O. Komisarenko**

Summary. Objective. Study of the quantitative and qualitative composition of the intestinal microflora of elderly and old people taking Atorvastatin for a long time. Materials and methods. The study included 2 groups of elderly people with cardiovascular diseases, taking and not taking the drug "Atorvastatin". To study the quantitative and qualitative composition of the microflora of feces obtained from patients, a bacteriological diagnostic method was used. The cultivation of microorganisms and their identification were carried out in accordance with the standard protocol and using the MALDI-TOF mass spectrometry method (Microflex-LT, Biotyper System, Bruker Daltonics, Germany). The effect of the drug "Atorvastatin" on isolated clinical strains of *E. coli* bacteria and a control reference strain of *E. coli* was determined according to GOST R ISO 20776–1–2010. Results 20 patients aged 67–82 years were examined. During the bacteriological study, dysbiosis phenomena were detected in 80% of cases in elderly patients (bacteria of the *Bacteroides* group prevailed and the number of *Lactobacillus* group bacteria was reduced). In the group of patients taking statin, in addition to the detected violations, there was a decrease in the number of *E. coli* (60% of cases) or its replacement with another conditionally pathogenic microflora (50% of cases). In 70% of cases, the examined persons taking Atorvastatin had a complete absence of lactobacilli in the feces. The study showed that the drug Atorvastatin can change the biological properties of *E. coli* in both clinical and reference strains. Conclusions. Physiological aging is associated with changes in the qualitative and quantitative composition of the intestinal microflora. With prolonged use of atorvastatin, these disorders are aggravated, but the significance of the changes in the composition of the microflora requires extensive comprehensive studies.

Keywords: obligate normal microflora, microbiota, metabolome, statins, elderly and senile patients.

Азовскова Ольга Васильевна

К.м.н., доцент, Смоленский государственный медицинский университет, Смоленск
oazovskova@gmail.com

Федосов Евгений Алексеевич

Д.м.н. профессор, Смоленский государственный медицинский университет, Смоленск
fedosoffevgenij@yandex.ru

Кондратьева Анастасия Геннадьевна

Смоленский государственный медицинский университет, Смоленск
asseliaasia@gmail.com

Безбородова Дарья Сергеевна

Смоленский государственный медицинский университет, Смоленск
bezborodovadasha0111@mail.ru

Комисаренко Оксана Дмитриевна

Смоленский государственный медицинский университет, Смоленск
oksana-kod2010@mail.ru

Аннотация. Цель исследования. Изучение количественного и качественного состава микрофлоры кишечника пожилых и старых людей, принимающих длительное время Аторвастатин. Материалы и методы. В исследование были включены 2 группы пожилых людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями, принимающих и не принимающих препарат «Аторвастатин». Для изучения количественного и качественного состава микрофлоры испражнений, полученных от пациентов, применяли бактериологический метод диагностики. Культивирование микроорганизмов и их идентификацию проводили в соответствии со стандартным протоколом и с применением метода MALDI-TOF масс-спектрометрии (Microflex-LT, BiotyperSystem, BrukerDaltonics, Германия). Действие препарата «Аторвастатин» на выделенные клинические штаммы бактерий *E. coli* и контрольный референс-штамм *E. coli* определяли согласно ГОСТ Р ИСО 20776–1–2010. Результаты. Было обследовано 20 пациентов в возрасте 67–82 лет. В ходе бактериологического исследования в 80% случаев у пациентов пожилого возраста были обнаружены явления дисбактериоза (превалировали бактерии группы *Bacteroides* и снижено количество бактерий группы *Lactobacillus*). В группе пациентов принимающих статины, кроме выявленных нарушений, отмечено снижение количества *E. coli* (60% случаев) или замещение ее другой условно-патогенной микрофлорой (50% случаев). В 70% случаев у обследуемых лиц, принимающих Аторвастатин — отмечено полное отсутствие лактобактерий в испражнениях. Исследование «in vitro» показало, что препарат Аторвастатин может изменять биологические свойства *E. coli* как клинических, так и референс-штаммов. Выводы. Физиологическое старение сопряжено с изменениями качественного и количественного состава микрофлоры кишечника. При длительном приеме аторвастатина данные нарушения усугубляются, однако значение появившихся



«Традиционный» подход к пониманию формирования и значения нормальной микрофлоры в жизнедеятельности организма человека свидетельствует о том, что в физиологическом смысле значение микрофлоры для человека ничуть не меньше, чем значение любого другого жизненно важного органа. Эти сложные сообщества из отдельных штаммов микроорганизмов с их индивидуальным генетическим аппаратом составляют микробиом, который существенно превосходит геном самого человека. А все эти микробные гены в совокупности обеспечивают синтез большого набора веществ (метаболома), важных для существования не только микроорганизмов, но и их хозяина. Среди метаболитов бактерий — витамины, короткоцепочечные жирные кислоты, антимикробные пептиды, гормоны и др. К слову, недавние исследования показали, что микробиота млекопитающих участвует в метаболизме самых разнообразных веществ, поступающих в организм с пищей. В частности оказалось, что кишечные бактерии участвуют в образовании триметиламина (ТМА) и его N-оксида (ТМАО) — важных регуляторов обмена жиров в организме и, соответственно, факторов развития атеросклероза. Использование таких безвредных для человека блокаторов синтеза ТМАО, как 3,3-диметил-1-бутанол (DMB), способно в существенной степени замедлить развитие атеросклероза и сопутствующих ему сердечно-сосудистых заболеваний [1,2,3]

В последние годы увеличилось количество исследований, связанных с изучением генетического аппарата представителей микробного сообщества, что предоставило возможность идентифицировать многочисленные виды бактерий, в том числе неподдающихся культивированию. Анализ данных микробиоты людей осуществляется в рамках нескольких масштабных национальных и мультинациональных научных программ (HumanMicrobiome, MetaHIT, Metagenomicsof theHumanIntestinalTract, MicroObes, HumanIntestinalMicrobiomein ObesityandNutritionalTransition, DataAnalysisandCoordinationCenter и др). Существует специальная программа ELDERMET по изучению микробиоты пожилых (старше 65 лет) людей.

сдвигов в составе микрофлоры требует расширенных комплексных исследований.

Ключевые слова: облигатная нормальная микрофлора, микробиота, метаболом, статины, пациенты пожилого и старческого возраста.

На сегодняшний день вопрос количественного и качественного состава микрофлоры организма пожилых и старых людей обсуждается во многих источниках отечественной и зарубежной научной печати, ее динамичное изменение под действием эндогенных и экзогенных факторов подтверждают данные многих экспериментальных работ [4,5,6,7]

В последние годы активно изучается связь сердечно-сосудистых рисков с состоянием микробиоты кишечника [8,9,10]. Но в то же время по-прежнему остается малоизученным вопрос о потенциальном взаимодействии лекарственных средств, применяемых в кардиологии и микроорганизмов, населяющих толстую кишку [11,12,13,14]. Наиболее применяемым препаратом для людей, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями, являются статины. Статины — это важнейшая группа гиполипидемических средств, обладающих рядом других плеiotропных эффектов. В настоящее время имеются разрозненные данные об их антибактериальном действии, в том числе в отношении *E.coli*. Учитывая актуальность вопроса, нами было проведено изучение количественного и качественного состава микрофлоры кишечника пожилых и старых людей, принимающих длительное время Аторвастатин.

Исследуемый материал (испражнения) был получен от пожилых людей в возрасте 67–82 лет, находящихся на диспансерном наблюдении в поликлиниках г. Смоленска. Было сформировано 2 группы пациентов: пациенты с сердечно-сосудистой патологией, не принимающие препарат «Аторвастатин» (10 человек) и пациенты с сердечно-сосудистой патологией, длительно принимающие (в течение 5 лет) препарат «Аторвастатин» (10 человек).

При изучении количественного и качественного состава микрофлоры кишечника пожилых людей были получены следующие результаты. В составе микрофлоры кишечника пожилых людей отмечалось снижение количества лактобактерий, энтерококков, по сравнению с составом микрофлоры кишечника других возрастных групп [5,15]. Так у 8 пациентов из 10 обследуемых количе-

ство лактобактерий составляло в среднем от 10^{6-7} до 10^{3-5} при этом количество дрожжеподобных грибов рода *Candida* было резко увеличено (от 10^{5-7} до 10^{7-10}). Энтерококки были представлены видом *Enterococcus faecalis*, и их количество варьировало от 10^{2-3} до 10^{3-4} .

У пациентов, получающих препарат Оторвастатин, в составе кишечной микрофлоры количество *E. coli* составило (10^{2-3}), бифидобактерий 10^5 – 10^8). При этом в 70% случаев из материала пациентов не было получено штаммов лактобактерий. В 5 случаях у пациентов в составе кишечной микрофлоры вместо *E. coli* выявляли *Enterobacter aerogenes* (10^{3-5}), *Citrobacter freundii* (10^{3-4}). У всех пожилых пациентов отмечали интенсивный рост анаэробных бактерий группы *Bacteroides*.

В ходе дальнейшего исследования, в условиях «in vitro», было изучено влияние препарата Аторвастатина на рост, размножение и биологические свойства референс — штамма *E. coli* (25922) и клинических штаммов *E. coli*, полученных от пациентов 2-х групп.

Для проведения исследования использовали Аторвастатин-СЗ таб. 40мг (Северная звезда ЗАО). Таблетки измельчали и растворяли в 2,5% растворе ДМСО, предварительно выбрав концентрацию растворителя, не оказывающего антимикробного действия.

Из суточных культур тестируемых микроорганизмов, выращенных на среде Мюллера-Хинтон в стерильном изотоническом растворе, готовили бактериальные суспензии с оптической плотностью 0,5 по МакФарланду ($1,5 \times 10^8$ КОЕ/мл). Отрегулированный инокулюм разводили, чтобы получить окончательную концентрацию числа клеток 1×10^5 согласно ГОСТ Р ИСО 20776–1–2010 «Клинические лабораторные исследования и диагностические тест-системы in vitro. Исследование чувствительности инфекционных агентов и оценка функциональных характеристик изделий для исследования чувствительности к антимикробным средствам. Часть 1. Референтный метод лабораторного исследования активности антимикробных агентов против быстрорастущих аэробных бактерий, вызывающих инфекционные болезни — КОЕ/мл».

Затем 0,5 мл бактериальной суспензии вносили в 0,5 мл приготовленного раствора аторвастатина и инкубировали в термостате 18 ч при t 36 °С. В качестве контроля бактериальную суспензию вносили в физиологический контроль. После инкубации из смеси производили высеивание на агар Мюллера-Хинтон, с последующей оценкой роста бактерий. У выросших штаммов бактериальных культур изучали подвижность бактерии и биохимические свойства (ферментация глюкозы, лактозы, тест на индол).

Было отмечено, что препарат аторвастатин не обладал ингибирующим действием на рост клинических штаммов *E. coli* опытных культур. Однако у 70% выросших штаммов после инкубации в растворе с аторвастатином отмечали слизистый рост колоний. При окраске данных штаммов по Бурри-Гинсу — у 3-х из них была обнаружена капсула. Ферментация глюкозы и лактозы осталась на прежнем уровне (кислота+, газ+), положительный тест на индол был отмечен только на вторые сутки инкубации. Подвижность бактерий была активной.

В сравнении с клиническими штаммами, рост референс штамма *E. coli* 25922 после инкубации в среде с аторвастатином был замедлен, колонии бактерий стали появляться только через 30–32 часа культивирования. Окончательный результат учитывали через 48 часов инкубации, когда подсчет колоний продемонстрировал вероятность бактериостатического действия раствора.

Обсуждение результатов

Нормальная микрофлора организма человека является многочисленной популяцией микроорганизмов, так называемая «микробная экосистема», характеризующаяся своей генетической регуляцией и сложными взаимодействиями, реагирующая на влияние факторов внешней и внутренней среды и обладающая своей уникальностью для каждого конкретного индивидуума. Развитие технологий молекулярно-генетических исследований позволило глубоко проанализировать состав и геном или метагеноммикробиоты кишечника. В связи с новым уровнем знаний термин «микрофлора организма» начинает терять свою актуальность и все чаще заменяется более корректным термином «микробиота» или «микробиом».

Микробиота — это динамичная микробная экосистема отражающая относительное постоянство в определенные возрастные периоды жизни человека, с одной стороны, и являющаяся маркером нарушения гомеостаза организма, с другой стороны. Современные исследования вышли далеко за пределы классического понимания роли микрофлоры в нормальной и патологической физиологии макроорганизма и, на сегодняшний день, изучение связей микробиоты с функционированием отдельно взятого биотопа (ось «микробиом кишечника-головной мозг», ось «микробиом кишечника-печень», ось «микробиом кишечника-дыхательная система») находит актуальное отражение в разных науках, например: нейрофизиология, судебно-медицинская экспертиза, изучение циркадных ритмов и т.д. [14,2,6]

Функции, выполняемые микробным сообществом (поддержание нормального гомеостаза организма, обеспечивая бактериостатический, противовирусный эффекты, давая полноценную защиту организму от возбудителей инфекционных заболеваний; участие в поддержании энергетического, метаболического и ионного гомеостаза организма; регуляция перистальтики кишечника; участие в противоопухолевой защите, развитие и функционирование иммунной системы человека, синтез многочисленных биологически активных вещества) предполагают быть необходимым рычагом управления гомеостазом организма, при этом находясь под влиянием многих факторов своего хозяина. Связующим звеном между микро и макроорганизмом и их взаимовыгодным «сотрудничеством» являются продукты метаболизма тех и других (ксенобиотики), от характеристик которых зависит благополучие не только макроорганизма но и «здоровье» микроорганизма. Среди факторов, влияющих на метаболизм ксенобиотиков метаболизма микробиоты отмечают не только индивидуальный генетический код макроорганизма, но и его пол, питание, циркадный биологический ритм и возраст [15,16,17,18,19].

К 2050 году прогнозируется, что население мира в возрасте 60 лет и старше увеличится до 2 миллиардов человек, что составляет примерно 22% от общей численности населения [20]. Экспериментальные исследования показывают, что с возрастом происходят определенные количественные и качественные изменения в составе нормофлоры, но недостаточность исследований, разрозненность полученных данных затрудняют четкое понимание влияния этих изменений на состояние здоровья человека и ее микрофлору. Обнаруженные нами изменения в составе микрофлоры кишечника у пожилых людей подтверждают многочисленные данные различных отечественных и зарубежных научных источников [21,14,6].

Старение организма сопряжено с рядом функциональных и органических изменений (часто — инволютивных), происходящих в том или ином органе, что приводит к структурной глобальной перестройке всех систем, в том числе и микробной экосистеме. Изучение вопроса взаимодействия микробиоты с системами макроорганизма, понимание обстоятельства — в каких случаях микробиота является причиной патологии, а в каких — следствием — открывает новые возможности для решения вопроса обеспечения качества физиологического старения, снижения риска развития инфекционных заболеваний, онкологических, сердечно-сосудистых патологий у пожилых и старых людей.

Группа препаратов под названием статины, обладающих гиполипидемическим действием, является наиболее широко применяемым препаратом среди людей старше 60 лет. При этом необходимо учитывать, что

некоторые представители нормальной микрофлоры (например бифидобактерии), как и статины, способны ингибировать активность фермента ГМК-КоА-редуктазы, а некоторые виды и бифидумбактерий и лактобактерий уменьшают всасывание холестерина, переводя его в нерастворимый копростанол. Было экспериментально доказано, что 40% кишечных бактерий обладают холестеринразрушающей способностью [2].

Участие тех и других в липидном обмене, связанного с преобразованием холестерина, как одного из факторов риска развития и течения различных патологических состояний, настраивает на мысль об изучении влияния этих составляющих друг на друга. Могут ли они иметь потенцирующий эффект, в плане снижения «плохого» холестерина, или это односторонний процесс — предстоит узнать в дальнейших исследованиях

Выявленные фенотипические изменения со стороны *E. coli* (появление капсулы — как основного защитного элемента) в присутствии гиполипидемического препарата, а также определенные изменения в составе кишечной микрофлоры изученных образцов свидетельствуют о том, что принимаемый препарат и микроорганизмы являются соучастниками определенного метаболического процесса, и было бы уместным изучить и влияние микрофлоры на активность препарата.

Все чаще рассматривается вопрос взаимосвязи между применением статинов и развитием воспалительного процесса в кишечнике. Многие проведенные исследования свидетельствуют об иммуномодулирующей активности данных препаратов и снижению количества бактерий обладающих провоспалительной активностью [9,22,23]. В нашем исследовании в условиях «in vitro» в присутствии статина было замечено изменение биологических свойств основного представителя кишечных бактерий — *E. coli*, без подтверждения их бактерицидного и бактериостатического действия. Стоит предполагать, что действие статины не обходится без вмешательства на внутренние процессы бактериальной клетки, однако снижается ли при этом количество облигатной микрофлоры с провоспалительной активностью или стимулируется рост менее агрессивной микрофлоры (например некоторые виды Firmicutes и Bacteroidetes) — этот вопрос остается открытым

В силу важности вопроса взаимодействия микробиоты с организмом хозяина, особенно в условиях взрослого организма (пожилых и старых людей) необходимо получение более детальных данных в правильно спланированных широкомасштабных проектах, которые помогут открывать новые возможности для разработок новых подходов профилактики и терапии различных заболеваний на разных этапах жизни, в том числе и на этапе старения организма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костюкевич О.И., Былова Н.А., Симбирцева А.С. Роль кишечной микробиоты в развитии заболеваний печени и желчевыводящих путей. *Российский медицинский журнал*. 2015;11:713–720.
2. Тонкушина Л.В. Аутофлора кишечника у пожилых и людей старческого возраста, проживающих в крупном промышленном городе: автореф. дис. на соискание научной степени канд. мед. наук: спец. 03.00.07 «Микробиология»/Л.В. Тонкушина. — Волгоград, 2009. — 22 с.).
3. Woodmansey E.J. Intestinal bacteria and ageing. *Journal of Applied Microbiology*. 2007;102(5):1178–1186. DOI:10.1111/j.1365-2672.2007.03400
4. Костюкевич О.И., Былова Н.А., Симбирцева А.С. Роль кишечной микробиоты в развитии заболеваний печени и желчевыводящих путей. *Российский медицинский журнал*. 2015;11:713–720
5. Kinross J.M. Gut microbiome-host interactions in health and disease. *J Genome Medicine*. 2011;3(3):2–12
6. Reinoso Webb C., Koboziev I., Furr K.L., et al. Protective and pro-inflammatory roles of intestinal bacteria. *Pathophysiology*. 2016;23(2):67–80. doi: 10.1016/j.pathophys.2016.02.002.
7. WHO. Ageing and Health. 2018. Available online: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health> (accessed on 1 December 2020).
8. Драпкина О.М., Кабурова А.Н. Кишечная микробиота — новый спутник на маршруте сердечно-сосудистых заболеваний: неожиданные роли старых соседей Рациональная фармакотерапия в кардиологии. 2016;12(1): 66–71
9. Каштанова Д.А., Ткачева О.Н., Попенко А.С., Тяхт А.В., Алексеев Д.Г., Котовская Ю.В., Бойцов С.А. Состав микробиоты кишечника и его взаимосвязь с факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний среди относительно здоровых жителей Москвы и Московской области. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2017; 16 (3):29–35
10. Карпунина Н.С., Карпунина Т.И. Микробиота кишечника у кардиологических больных: фактор агрессии или фактор защиты? *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. 2018;156(8):4–9
11. Афинеевская А.Ю., Мальков О.А., Говорухина А.А. Роль кишечной микробиоты в патогенезе атеросклероза и перспективные меры профилактики (обзор) *Журнал медико-биологических исследований* 2020;8 (№ 2):184–193
12. Костюкевич О.И., Былова Н.А., Симбирцева А.С. Роль кишечной микробиоты в развитии заболеваний печени и желчевыводящих путей. *Российский медицинский журнал*. 2015; 11: 713–720.
13. Mueller, K. Saunier, Hanisch C. [et al.] Differences in fecal microbiota in different European study populations in relation to age, gender, and country: a cross-sectional study. *Applied and Environmental Microbiology*. 2006;72:1027–1033
14. Моложавая О.С., Ивахнюк Т.В., Макаренко А.Н. Влияние физиологического старения организма на микрофлору желудочно-кишечного тракта *Вестник ВДНЗУ «Украинская медицинская стоматологическая академия» Актуальные проблемы современной медицины*. 2016; 16(53):304–312
15. Françoise C.C., Gavini Differences in the Distribution of Bifidobacterial and Enterobacterial Species in Human Faecal Microflora of Three Different (Children, Adults, Elderly) Age Groups. *Microbial Ecology in Health and Disease*. 2001;13(1): 40–45.
16. Antunes L.C. Effect of antibiotic treatment on the intestinal metabolome. *Antimicrob Agents Chemotherapy*. 2011;55(4):1494–1503
17. Clarke G., Sandhu K.V., Griffin B.T., Dinan T.G., Cryan J.F., Hyland N.P., Gut reactions: breaking down xenobiotic-microbiome interactions. *Pharmacological reviews*. 2019;71(2):198–224
18. Masadeh M., Mhaidat N., Alzoubi K., Sayer Al-azzam Ziad Alnasser. Antibacterial activity of statins: a comparative study of Atorvastatin, Simvastatin, and Rosuvastatin. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*. [https://ann-clinmicrob.biomedcentral.com/2012;11\(13\): 2–5](https://ann-clinmicrob.biomedcentral.com/2012;11(13): 2–5).
19. Toumi R., Soufli I, Rafa H., et al. Probiotic bacteria *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* attenuate inflammation in dextran sulfate sodium-induced experimental colitis in mice. *International Journal of Immunopathology and Pharmacology*. 2014;27(4):615–627. DOI:10.1177/039463201402700418
20. Yarong Liu and, Min Dai Trimethylamine N-Oxide Generated by the Gut Microbiota Is Associated with Vascular Inflammation. *New Insights into Atherosclerosis*. Hindawi. *Mediators of Inflammation*. 2020; V. Article ID4634172 — p.-15 DOI:10.1155/2020/4634172
21. Самсонова Н.Г., Звенигородская Л.А., Черкашова Е.А, Лазебник Л.Б. Дисбиоз кишечника и атерогенная дислипидемия. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. 2010;3:88–94.
22. Sahar Radwan M.R., Omnia Ezzat. Antimicrobial Effect and Immunomodulation of Atorvastatin. *Journal of American Science*. 2012;8(9):4013–4016. DOI: 10.1155/2015/401630.
23. Wang Z., Roberts A.B., Buffa J.A., et al. Non-lethal inhibition of gut microbial trimethylamine production for the treatment of atherosclerosis. *Cell*. 2015;163(7):1585–1595. DOI:10.1016/j.cell.2015.11055
24. Alkan Ş. Immune System and Intestinal Microbiota. *J. Biotechnol. Strateg. Health Res*. 2017; 1:7–16.
25. Amaral F.A. Commensal microbiota is fundamental for the development of inflammatory pain. *Proc. Natl. Acad. Sci USA*. 2008;105(6): 2193–2197.
26. Graziano T.S., Cuzzullin M.C., et al. Statins and Antimicrobial Effects: Simvastatin as a Potential Drug against *Staphylococcus aureus* Biofilm. *Public Library of Science*. 2015; 10(5):4–17. DOI: 10.1371/journal.pone.0128098
27. Turnbaugh P.J., Gordon J.I. The core gut microbiome, energy balance and obesity. *The Journal of Physiology*. 2009; 587(17): 4153–4158. DOI:10.1113/jphysiol.2009.174136.

© Азовскова Ольга Васильевна (oazovskova@gmail.com), Федосов Евгений Алексеевич (fedosoffevgenij@yandex.ru),

Кондратьева Анастасия Геннадьевна (asseliaasia@gmail.com), Безбородова Дарья Сергеевна, Комисаренко Оксана Дмитриевна (oksana-kod2010@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНОМНЫХ SSR-МАРКЕРОВ, RAPD И ISSR-АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ОДУВАНЧИКА ЛЕКАРСТВЕННОГО

USE OF GENOMIC SSR MARKERS, RAPD AND ISSR — ANALYSIS TO ASSESS THE GENETIC DIVERSITY OF DANDELION OFFICINALIS

**Z. Bisultanova
M. Atsaeva
P. Dzhambetova**

Summary. The article describes the mechanism of using genomic SSR markers, RAPD and ISSR in order to assess the genetic diversity of dandelion officinalis. A brief description of this plant is given and the regions of its distribution are described. It is noted that the plant was previously actively used in folk medicine, which is largely due to its therapeutic and other benefits. When studying genomic markers, the significance of these studies is noted on the example of studying the patterns of genetic variation in plants, which make it possible to draw conclusions about the adaptation of plants and the identification of their genes. Describes the genomic study of dandelion officinalis using DNA extraction and RAPD analysis in laboratory conditions. When studying three plant specimens, it was found that there were no significant differences in the amplified fragments in three plant species (collected from different heights). A conclusion was also formulated that there is no relationship between the height at which a dandelion grows and its genetic variability. However, there were differences in the pattern of polymorphic loci, a difference in the size of the amplified bands. This made it possible to draw a conclusion about the effectiveness of the methods used to study interspecies differences.

Keywords: dandelion officinalis, research, differences, genetic variability, RAPD, ISSR, marker, DNA.

Бисултанова Зура Исановна

Старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова»
zura_sun@mail.ru

Ацаева Марет Махмудовна

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова»
acaeva-mm@mail.ru

Джамбетова Петимат Махмудовна

Д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова»
petimat-lg@rambler.ru

Аннотация. В статье описывается механизм использования геномных SSR-маркеров, RAPD и ISSR в целях оценки генетического разнообразия одуванчика лекарственного. Дается краткая характеристика данного растения и описываются районы его распространения. Отмечено, что растение ранее активно применялось в народной медицине, что во многом обусловлено его терапевтическими и иными преимуществами. При изучении геномных маркеров отмечается значимость данных исследований на примере исследования паттернов генетической изменчивости растений, которые позволяют сделать выводы об адаптации растений и идентификации их генов. Описывается геномное исследование одуванчика лекарственного с помощью выделения ДНК и анализа RAPD в лабораторных условиях. При изучении трех экземпляров растения было выявлено, что существенных отличий у трех видов растений (собранных с разных высот) в амплифицированных фрагментах нет. Также сформулирован вывод об отсутствии зависимости между тем, на какой высоте растет одуванчик и его генетической вариабельностью. Однако были выявлены различия в рисунке полиморфных локусов, разница в размерах амплифицированных полос. Это позволило сделать вывод об эффективности применяемых методов для изучения межвидовых различий.

Ключевые слова: одуванчик лекарственный, исследование, различия, генетическая вариабельность, RAPD, ISSR, маркер, ДНК.

Одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* s.l.) — растение рода *Taraxacum* и член семейства сложноцветных (Asteraceae Dumort. (Compositae Giseke), род *Taraxacum officinale* Wigg. [2]. Это известное лекарственное растение с широким ареалом естественного обитания. Популяции одуванчика лекарственного распространены в Европе, Северной и Южной Америке и Азии. На территории России встречается повсеместно, исключая тундровые, гольцовые и пустынные районы [1]. Растения

Taraxacum очень инвазивны и в изобилии можно найти на обочинах дорог, в садах и в сельской местности [9]. В России, Индии и Китае одуванчик использовался в этнофармакологии как традиционная народная медицина из-за его печеночного и гипергликемического воздействия. Одуванчик обладает многочисленными терапевтическими преимуществами [14], так как является источником различных питательных и биологически активных веществ, а его корень и листья содержат витамины (А, К, С и В-комплекс), минералы (кальций,

Таблица 1. Последовательность праймеров для SSR -, RAPD -, ISSR — анализа

Название локусов/праймеров	Последовательность праймеров
SSR-праймеры	
TKS_003	F-5'-TCACCGAGTTGTAGAGAGAGA-3'
	R-3'-CAGCAATTAAGGCTCTGTA-5'
TKS_0111	F-5'-ATCTACAACAAGTTCGTGAGG-3'
	R-3'-AATCAACTGGATTCTTAGGG-5'
TKS_0112	F-5'-ACAGGAGTTGATGTCTTGATG-3'
	R-3'-ATTGAATCATTAAACCGTCAGA-5'
TKS_0113	F-5'-CCAAGACCTCTACAATCGTTA-3'
	R-3'-ATCTTCGGAGTAGTGGATTGA-5'
RAPD — праймеры	
AFK1	5'-ACGGTGGACG-3'
AFK3	5'-GCGTCCATTC-3'
ISSR-праймеры	
IS1	5'-AGAGAGAGAGAGAGAGAGY-3'
IS3	5'-GAGAGAGAGAGAGAGAC-3'

магний, калий, цинк и железо), микроэлементы, клетчатку, лецитин и холин [11]. Доказано, что корни одуванчика лекарственного являются перспективным источником инулина. [4]. Одуванчик лекарственный широко используется в растительных тест-системах [3]. Ареал вида представляет собой обширные территории или акватории с разнообразными условиями окружающей среды [10].

Исследования показывают, что существуют специфические аллели, сопряженные с адаптивными показателями среды обитания живых организмов. Такие аллели впервые были выявлены у модельного объекта *Arabidopsis thaliana*, функциональные аллели FRI, которого коррелировали с значительным широтным наклоном времени цветения растения у 70 североевропейских и средиземноморских экотипов при выращивании в экологически реалистичных условиях в садах [11]. Реципрокная трансплантация с последующим ассоциативным анализом множества образцов между 213K однонуклеотидными полиморфизмами, плодовитостью и выживаемостью в каждом экспериментальном участке показали эффекты приспособленности, специфичные для окружающей среды [13]. Тесты на ассоциации однонуклеотидный полиморфизм-фактор среды выполненные на немодельных видах растений демонстрируют аналогичные эффекты. Так у осины европейской (*Populus tremula*, L.) D. Hall et al (2007) были найдены убедительные доказательства адаптивной дивергенции фенологических признаков через широтный градиент [8]. McAssey E.V. с коллегами идентифицировали генетические маркеры четко указывающие на генетическое разделение между северными и южными популяциями дикого подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) [10].

Исследование паттернов генетической изменчивости растений могут дать представление о механизмах, ответственных за адаптацию различных видов растений в определенной среде, выявление которых представляет большой интерес в области эволюционной биологии, и идентифицировать гены, лежащие в основе экологически значимых черт [10].

Микросателлитные маркеры являются эффективными маркерами генетической гетерогенности как отдельных организмов, так и разных видов и родов, благодаря сохранению их последовательностей во фланкирующих регионах [7]. Хотя одуванчик лекарственный широко используется при проведении большого количества популяционно-генетических исследований, нами не было найдено публикаций по популяциям в Чеченской Республике, основанных на использовании молекулярных маркеров. В настоящей работе сделана попытка выявить генетические различия у растений одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* s.l.), собранных из различных мест обитания Чеченской Республики на разных высотах от 350 м до 2750 м над уровнем моря при использовании SSR-, RAPD-маркеров.

Методы исследования

Выделение ДНК

Нами были собраны листья, стебли, корни *Taraxacum officinale* из нескольких географических точек ЧР. Геномную ДНК экстрагировали из листьев одуванчика лекарственного (с каждого участка выборка растений составила не менее 3 экземпляров) с использованием

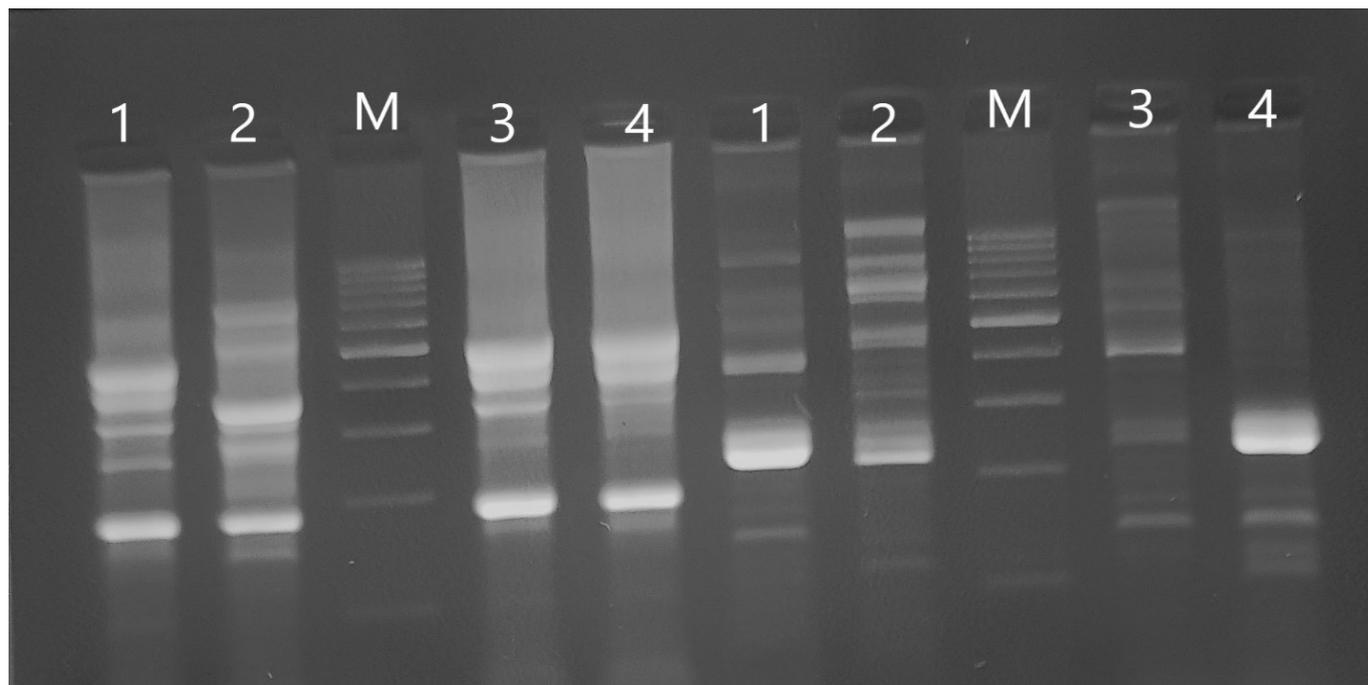


Рис. 1. Электрофореграмма амплифицированных фрагментов ДНК с SSR-праймерами TKS_0111 (1–4) и TKS_0112 (1–4). В 1-й и 6-й дорожках (1) фрагменты ДНК одуванчика лекарственного, собранного на высоте 350 м. Во 2-й и 7-й дорожках (2) – собранного на высоте 920–950 м над уровнем моря. В 3-й и 8-й дорожках (3) — собранного на высоте 1750–1900 м. под номером 4 ДНК-ампликоны растения, обитающего в горах ЧР на высоте 2500 и выше.

ем набора для экстракции ДНК DNEasy Plant Mini Kit (Qiagen, Германия) в соответствии с инструкциями производителя. Количество экстрагированной ДНК определяли с помощью флуориметра Qubit 4.0, Thermo Scientific).

ПЦР-амплификация

ДНК каждого образца *Taraxacum officinale* подвергли скринингу с использованием 4 пар праймеров SSR, универсальных праймеров AFK1, AFK3 для RAPD-анализа и двух ISSR-праймеров [5]. Все праймеры были синтезированы в ООО «Евроген» (Россия). (таблица 1).

Реакционная смесь для ПЦР готовилась на основе готовых мастер-миксов (ООО «Лаборатория Изоген», г. Москва) путем добавления в пробирки по 10 мкл ПЦР-растворителя, 10 пМ праймеров, и 25 мкМ. — 50 нг геномной ДНК. Общий объем реакционной смеси составлял 25 мкл. Отжиг праймеров SSR проводили в термоциклере Applied Biosystems™ 2720. Первоначальная денатурация при 94 °C в течение 3 минут, затем 35 циклов при 94 °C в течение 40 сек., отжиг при 50 °C и 55 °C в течение 40 секунд и синтез 72 °C в течение 40 секунд. Окончательное удлинение проводили при 72 °C в течение 5 мин [5].

Для ПЦР с универсальными праймерами (RAPD-анализ) использовали набор лиофилизованных готовых реакционных смесей GenPak™ PCR Core (12x8) (ООО «Лаборатория Изоген», г. Москва), в который добавляли 90 пМ праймера, 0.2–0.5 мкг тотальной ДНК. ДНК амплифицировали в термоциклере Applied Biosystems™ 2720, который был запрограммирован следующим образом: начальная денатурация в течение 3 минут при 94 °C; 35 циклов по 50 с при 94 °C (денатурация), 50 с при 30 °C (отжиг) и элонгация 1 мин 40 с при 72 °C и окончательное удлинение при 72 °C в течение 7 мин.

Анализ RAPD продуктов проводили электрофорезом в 2% агарозном геле в 0,5-кратном буфере TBE. Амплифицированные SSR-фрагменты разделяли в 3% — ном агарозном геле в 0,5-кратном буфере TBE. Гели окрашивали бромидом этидия (0,5 мкг/мл) и визуализировали в УФ-свете. Полосы ДНК, которые были амплифицированы данным праймером, оценивались как присутствующие (1) или отсутствующие (0) для всех исследованных образцов.

Результаты и обсуждение

Все выбранные праймеры амплифицировали фрагменты, размер которых варьировался от 150 до 1500

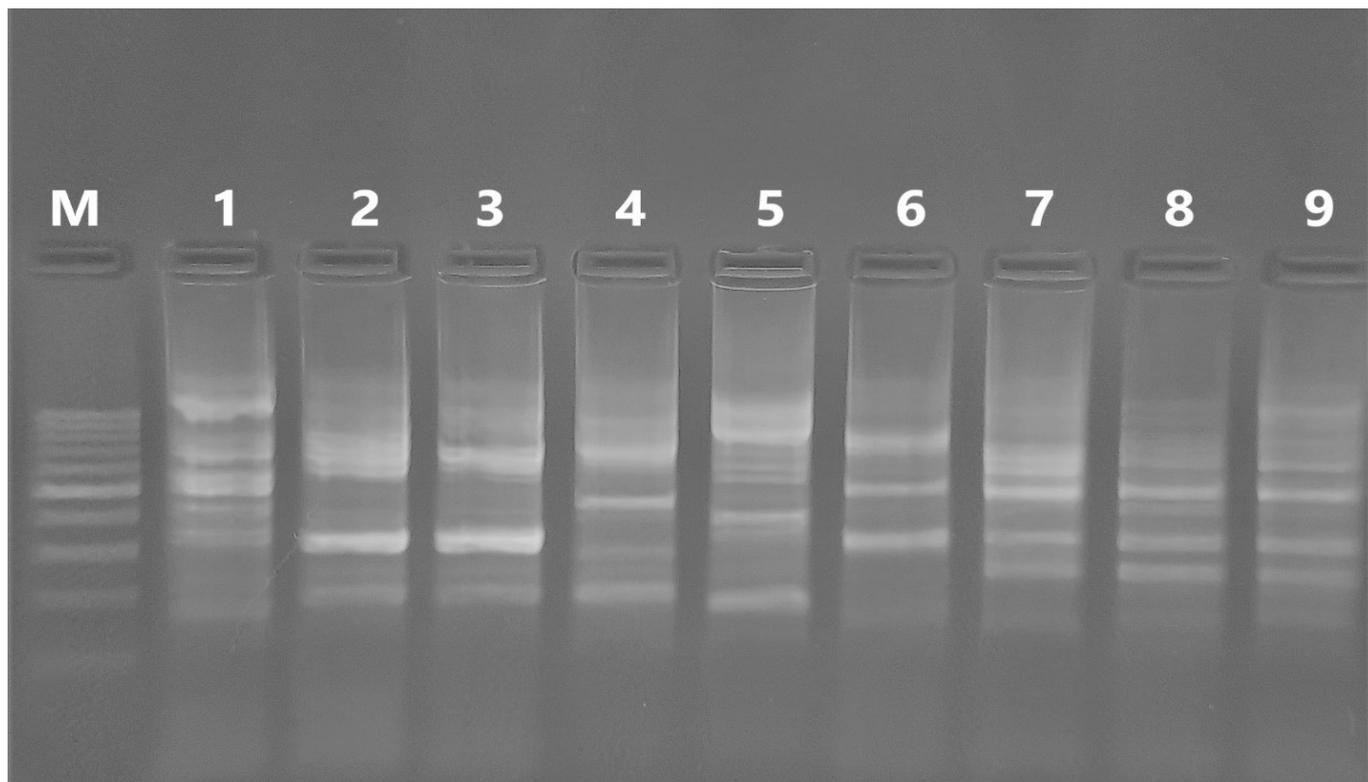


Рис. 2. Электрофореграмма ISSR анализа одуванчика лекарственного, собранного в горах с разной высоты над уровнем моря.

пн. Все амплифицированные полосы оказались полиморфными, в среднем 3,1 полосы на праймер.

Все выбранные праймеры амплифицировали фрагменты, размер которых варьировался от 150 до 1500 пн. Все 24 амплифицированных образца оказались полиморфными, не менее 3-х полос на праймер. Среднее количество аллелей на локус составляло 2. Количество полос, образовавшихся на один праймер после RAPD, составило не менее трех на образец. Точно так же все использованные в данном исследовании праймеры SSR приводили к количеству амплифицированных фрагментов, размер которых варьировался от 150–1500 п.н. Все амплифицированные полосы оказались полиморфными, в среднем по 2 полосы на праймер.

Сравнительный анализ результатов электрофореза показывает незначительные различия в размерах амплифицированных фрагментов с помощью SSR-маркеров между одуванчиком лекарственным, собранным с разных высот над уровнем моря (рис. 1). Однако четкой зависимости между определенной высотой и генетической вариабельностью обнаружить не удалось.

SSR-маркеры 0111 и 0112 не выявили различия между растениями, собранными из разных мест обитания

В тоже время у образца № 2 наблюдаются существенные различия от остальных образцов.

Анализ амплифицированных фрагментов ДНК одуванчика лекарственного RAPD- и ISSR-анализом, выявил значительные различия в рисунке полиморфных локусов на агарозном геле после электрофореза (рис. 2). Наблюдаемые различия позволяют говорить о генетической гетерогенности популяции одуванчика лекарственного в зависимости от высоты на уровне тенденции.

В то же время в выборке растений одуванчика с одного места обитания в некоторых случаях наблюдалась значительная разница в размерах амплифицированных полос. Предположительно, эти экземпляры, по которым наблюдались существенные отклонения, не относились к одуванчику лекарственному и требуются дополнительные исследования для определения видовой принадлежности данных образцов

Микросателлитные маркеры являются эффективными маркерами генетической гетерогенности как отдельных организмов, так и разных видов и родов, благодаря сохранению их последовательностей во фланкирующих регионах [7]. Хотя большое количество популяционно-генетических исследований было

проведено на видах одуванчика, никаких генетических исследований, основанных на использовании молекулярных маркеров, ранее не публиковалось по популяциям в Чеченской Республике.

В нашей работе микросателлитный анализ была проверен на одуванчике лекарственном. Одуванчик лекарственный (*T. officinale*) является видом дикой флоры, который был предметом научных и медицинских исследований на протяжении более века. Факторы окружающей среды и эволюционные изменения могут быть благоприятны для широкого распространения ареала Одуванчика лекарственного [9].

Генетические параметры, оцененные на основе данных SSR-, RAPD- ISSR-анализов, показали, что в отобранных популяциях значительный уровень генетического разнообразия. Высокий уровень варибельности, наблюдаемый в SSR-локусах, которые мы использовали, согласуется с результатами исследований, проведенных на разных видах [6]. Результаты этого исследования показывают эффективность методов SSR, RAPD и ISSR в межвидовом различии.

Перспектива дальнейших исследований предусматривает изучение одуванчика лекарственного в разных регионах Северного Кавказа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азнагулова А.В. Фармакогностическое исследование одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Wigg.) Диссертация на соискание ученой степени кандидата фармацевтических наук. Самара, 2016.
2. Воробьев Г.В. Адаптивные возможности одуванчика лекарственного в условиях загрязнения атмосферы автомобильным транспортом Г.В. Воробьев, А.Ю. Алябьев, Т.И. Огородникова, А.Ф. Хамидуллин, В.Н. Воробьев/ ЭКОЛОГИЯ, 2014, № 2, с. 91–96.
3. Джембетова П.М. Одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* WIGG. S.L.) как удобный объект для генетического мониторинга загрязнения окружающей среды. /Реутова Н.В., Джембетова П.М. //Экологическая генетика. 2006. Т. 4. № 3. С. 3
4. Дьякова Н.А. Одуванчик лекарственный — перспективный источник инулина/ Н.А. Дьякова, А.А. Мындра, Т.Г. Шушунова, Л.А. Великанова // Сельскохозяйственный журнал. 2016. № 9. с. 387–391
5. Кулуев Б.Р., Фатерыга А.В., Кулуев А.Р., Михайлова Е.В., Чемерис А.В. Молекулярно-генетическое исследование одуванчика осеннего (*Taraxacum hybernum* Steven) с использованием SSR-, RAPD- и ISSR-маркеров. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018;22(1):102–107. DOI 10.18699/VJ18.337
6. Ahmed N, Mir JI, Mir RR, et al. SSR and RAPD analysis of genetic diversity in walnut (*Juglans regia* L.) genotypes from Jammu and Kashmir, India. *Physiol Mol Biol Plants*. 2012;18(2):149–160. doi:10.1007/s12298–012–0104-z
7. Al-Faifia Sulieman A. Development, characterization and use of genomic SSR markers for assessment of genetic diversity in some Saudi date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars/Sulieman A. Al-Faifia, Hussein M. Migdadia*, Salem S. Algamdia, Mohammad Altaf Khana, Megahed H. Ammara, Rashid S. Al-Obeeda, Mohammad I. Al-Thamraa, Ehab H. EL-Hartya, Jerej Jakseb *Electron. J. Biotechnol.* vol.19 № 3 2016 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejbt.2016.01.006>
8. Hall, David, et al. "Adaptive Population Differentiation in Phenology across a Latitudinal Gradient in European Aspen (*Populus Tremula*, L.): A Comparison of Neutral Markers, Candidate Genes and Phenotypic Traits." *Evolution*, vol. 61, no. 12, Society for the Study of Evolution, Wiley, 2007, pp. 2849–60.
9. Jafari M, Akram W, Pang Y, et al. Genetic diversity and biogeography of *T. officinale* inferred from multi locus sequence typing approach. *PLoS One*. 2018;13(9): e0203275. Published 2018 Sep 18. doi:10.1371/journal.pone.0203275.
10. McAssey EV, Corbi J, Burke JM. Range-wide phenotypic and genetic differentiation in wild sunflower. *BMC Plant Biol*. 2016;16(1):249. Published 2016 Nov 10. doi:10.1186/s12870–016–0937–7
11. Qureshi S., Adil S., Abd El-Hack M., Alagawany M., farag M. (2017). Beneficial uses of dandelion herb (*Taraxacum officinale*) in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal*, 73(3), 591–602. doi:10.1017/S0043933917000459.
12. Stinchcombe JR, Weinig C, Ungerer M, Olsen KM, Mays C, Halldorsdottir SS, Purugganan MD, Schmitt J. A latitudinal cline in flowering time in *Arabidopsis thaliana* modulated by the flowering time gene *FRIGIDA*. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2004 Mar 30;101(13):4712–7.
13. Weinig, C. Ecological genomics and process modeling of local adaptation to climate Cynthia Weinig, Brent E Ewers^{1,2} and Stephen M Welch⁴ *Current Opinion in Plant Biology* 2014, 18:66–72.
14. Wirngo FE, Lambert MN, Jeppesen PB. The Physiological Effects of Dandelion (*Taraxacum Officinale*) in Type 2 Diabetes. *Rev Diabet Stud*. 2016;13(2–3):113–131. doi:10.1900/RDS.2016.13.113

© Бисултанова Зура Исановна (zura_sun@mail.ru),

Ацаева Марет Махмудовна (acaeva-mm@mail.ru), Джембетова Петимат Махмудовна (petimat-ig@rambler.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ИММУНОРЕГУЛЯТОРНЫХ ЦИТОКИНОВ У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ ПО ВИДУ СПОРТА «ПЛАВАНИЕ»

MOLECULAR-GENETIC STUDY OF PECULIARITIES OF FUNCTIONING OF BASIC IMMUNOREGULATORY CYTOKINES IN HIGHLY QUALIFIED ATHLETES BY THE SPORT «SWIMMING»

E. Galimova
G. Galikeeva
A. Galimov
R. Gubaidullina
G. Khasbatullina

Summary. In this work, we studied serum concentrations and mitogen-induced production of pro- and anti-inflammatory cytokines and C-reactive protein by cells of whole blood ex vivo in highly qualified athletes specializing in the sport of "swimming". We also analyzed the associations of polymorphic markers of the genes of the interleukin-1 cluster IL-1 β (rs1143634) and (VNTR-polymorphism 86 bp) with the mean values of the quantitative indicators of IL-1 β and IL1RA in carriers of various genotypes. It was found that the serum concentration of pro-inflammatory cytokines (IL1RA and IL6) in athletes — swimmers is significantly lower in comparison with the control group. Mitogen induction of proinflammatory cytokines IL-1 β and IL1RA in athletes showed positive dynamics, the mitogenic stimulation index was 6.43 and 2.78, respectively, which indicates a positive reactivity of the immune system. Correlations were revealed for the cytokines IL4 / IL10 ($r = 0.74$), IL6 / IL10 ($r = 0.54$), IL6 / α -TNF ($r = 0.69$). Analysis of associations of polymorphic markers of genes of the interleukin-1 family (IL-1 β (rs1143634) and (VNTR-polymorphism 86 bp)) with the mean values of the quantitative indicators of IL-1 β and IL1RA in the blood serum in carriers of different genotypes revealed an association of increased concentration of IL-1 β with allele * E2 of the IL-1 β gene ($p = 0.05$) and the association of low IL-1 β values with the IL1RA * I allele ($p = 0.04$), as well as association of the genotype IL1RA * II / * II with a high level of IL-1 β ($p = 0.04$).

Keywords: cytokines, mitogen induction, stress response, gene polymorphism, exercise, immunity.

Галимова Эльвира Мансуровна

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Башкирский
государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы» (Уфа)
vemgen@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

Губайдуллина Рината Ильшатовна

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

Хасбатуллина Гульназ Венеровна

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный
педагогический университет им. М. Акмуллы» (Уфа)
khasbatullina@yandex.ru

Аннотация. В работе проведено изучение сывороточных концентраций и митоген-индуцированной продукции клетками цельной крови ex vivo про- и противовоспалительных цитокинов и С-реактивного белка у высококвалифицированных спортсменов, специализирующихся по виду спорта «плавание». Также проведен анализ ассоциаций полиморфных маркеров генов кластера интерлейкин-1 IL-1 β (rs1143634) и (VNTR- полиморфизм 86 bp) со средними значениями количественных показателей IL-1 β и IL1RA у носителей различных генотипов. Установлено, что сывороточная концентрация провоспалительных цитокинов (IL1RA и IL6) у спортсменов — пловцов достоверно ниже в сравнении с группой контроля. Митоген-индукция провоспалительных цитокинов IL-1 β и IL1RA у спортсменов показала положительную динамику, индекс митогенной стимуляции составил 6,43 и 2,78 соответственно, что говорит о положительной реактивности иммунной системы. Выявлены корреляционные связи для цитокинов IL4/IL10 ($r=0,74$), IL6/IL10 ($r=0,54$), IL6/ α -TNF ($r=0.69$).

Анализ ассоциаций полиморфных маркеров генов семейства интерлейкин-1 (IL-1 β (rs1143634) и (VNTR- полиморфизм 86 bp)) со средними значениями количественных показателей IL-1 β и IL1RA в сыворотке крови у носителей различных генотипов выявил ассоциацию повышенной концентрации IL-1 β с аллелем *E2 гена IL-1 β ($p=0,05$) и ассоциацию низких



Спорт высших достижений сопровождается сверхинтенсивными физическими и эмоциональными нагрузками, как во время тренировочного процесса, так и в соревновательный период. Исследования последних десятилетий показали, что у спортсменов высокоинтенсивные тренировки влияют на показатели иммунитета [2, 6]. К одним из важных иммунорегуляторных веществ относят цитокины, эти биологически активные молекулы способны регулировать межклеточные и межсистемные взаимодействия, влиять на дифференциацию и апоптоз клеток, стимулировать либо же подавлять рост клеток, а также влиять на работу жизненно важных систем организма (иммунной, эндокринной, нервной) в нормальных условиях и в ответ на патологические воздействия [1, 3, 14]. Считается, что сверхинтенсивная физическая активность может повышать продукцию цитокинов иммунокомпетентными клетками как провоспалительного (IL1, IL2, IL5, IL6, IL8, α -TNF), так и противовоспалительного ряда (IL4, IL10) [7, 10, 13]. Имеются данные, что у спортсменов в результате острого и хронического перенапряжения повышается сывороточная концентрация цитокинов, так увеличение уровня IL6 сопровождается появлением усталости, а повышение концентрации TNF- α может спровоцировать появлению микротравм мышечных волокон [9, 11, 15].

Количественное определение уровня концентраций цитокинов в сыворотке крови отражают лишь состояние иммунной системы на данный момент, тогда как в ситуациях, сопряженных с дефицитом или дисбалансом регуляторных факторов, необходимо оценить способность клеток крови к секреции цитокинов. При этом спонтанная продукция цитокинов свидетельствует о том, насколько клетки крови уже активированы *in vivo*, митоген-индуцированная — позволяет оценить потенциальную способность клеток-продуцентов к секреции цитокинов. Учитывая результаты исследований, свидетельствующих о повышении уровня цитокинов при интенсивных физических упражнениях и недостаточную изученность спонтанной и митоген-индуцированной продукции цитокинов перед нами была поставлена **цель** — провести анализ спонтанной продукции цитокинов (IL-1 β , IL1RA, IL4, IL10, IL6, α -TNF), белка острой фазы (CRP) и митоген-индуцированной продукции цитокинов клетками крови *ex vivo* (IL-1 β , IL1RA, IL4) у спортсменов, специализирующихся по виду спорта «плавание». А также провести анализ

значений IL-1 β с аллелем IL1RA*1 ($p=0,04$), а также ассоциацию гомозиготного генотипа IL1RA*II/*II с высоким уровнем IL-1 β ($p=0,04$).

Ключевые слова: цитокины, митоген-индукция, стресс-реакция, полиморфизм гена, физическая нагрузка, иммунитет.

ассоциаций полиморфных маркеров генов кластера интерлейкина-1 (IL-1 β (*rs1143634*) и IL1RA (*VNTR86 bp*)) со средними значениями количественных показателей IL-1 β , IL1RA в сыворотке крови у носителей различных генотипов.

Материалы и методы

Обследовано 56 человек, средний возраст которых составил 23 года. Исследования проводились среди высококвалифицированных спортсменов — пловцов (28 человек) в период интенсивных нагрузок тренировочного микроцикла. Группа контроля состояла из 28 условно-здоровых индивидов, активно не занимающихся спортом. Чтобы исключить лиц с острым или хроническим воспалительным процессом при котором могут быть изменены показатели цитокинов, нами был определен общеклинический анализ крови на скорость оседания эритроцитов (СОЭ) по методу Панченкова.

Забор венозной крови проводили утром натощак, с информированного согласия. Спортсмены на момент исследования были практически здоровы. Для оценки спонтанной и митоген-индуцированной продукции цитокинов клетками крови *ex vivo* использовался набор «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. Цитокиновый профиль (IL-1 β , ILRA, IL4, IL10, IL6, α -TNF) и белок острой фазы (CRP) оценивали иммуноферментным методом (ИФА).

Для более точной оценки резервных возможностей продукции цитокинов мононуклеарными клетками рассчитывался индекс митогенной стимуляции, который высчитывался как соотношение индуцированного синтеза к спонтанной продукции.

Из периферической крови у обследованных лиц была выделена ДНК с помощью метода фенольно-хлороформной экстракции [12]. Амплификацию изученных локусов проводили с помощью метода полимеразной цепной реакции (ПЦР) на амплификаторе «Терцик». Разделение продуктов амплификации проводили электрофоретическим методом в полиакриламидном геле.

Статистический анализ результатов проводили с использованием пакета программ SPSS17.0 для Windows. 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.

Результаты исследования и их обсуждение

На первом этапе исследования был проведен общеклинический анализ крови на скорость оседания эритроцитов (СОЭ) по методу Панченкова, с целью исключения индивидов с острым или хроническим воспалительным процессом. Этот неспецифический лабораторный показатель крови имеет очень важное диагностическое значение, так как он может служить косвенным признаком текущего воспалительного или иного патологического процесса. Повышенная СОЭ наблюдается при большинстве воспалительных и инфекционных заболеваний.

В группе спортсменов значения СОЭ составили $0,25 \pm 0,25$ мм/ч и в группе контроля $1,25 \pm 0,25$ мм/ч, данные референсные значения находились в пределах физиологической нормы [4]. Полученные данные свидетельствовали об отсутствии активного воспалительного процесса на момент забора биологического материала.

Вторым этапом исследования явилось проведение сравнительного анализа спонтанной (для IL-1 β , IL1RA, IL4, IL10, IL6, α -TNF, CRP) и митоген-индуцированной продукции цитокинов (для IL-1 β , IL1RA, IL4) между группой спортсменов-пловцов и группой контроля (таблица 1).

Сывороточная-спонтанная продукция провоспалительного цитокина интерлейкин -1 (IL-1 β) у спортсменов не показала статистически достоверных различий, тогда как митоген-индуцированная продукция превышала значения контрольной группы в 4,1 раз и индекс митогенной стимуляции у спортсменов составил 6,43 против 0,33 в группе контроля.

При анализе концентрации рецепторного антагониста интерлейкина-1 (IL1Ra) выявлено достоверное повышение спонтанной продукции в группе контроля ($p=0,013$), митоген-стимуляция показала интересные данные, у спортсменов индекс митогенной стимуляции составил 2,78, а в группе контроля митоген-стимуляция наоборот вызвала подавление выработки IL1Ra

и индекс митогенной стимуляции составил 0,52, таким образом потенциальную способность к секреции цитокинов у спортсменов можно оценить как высокую. Повышение индуцированной продукции IL-1 β и IL1Ra у спортсменов-пловцов по сравнению с группой контроля свидетельствует об активации циркулирующих клеток крови и выраженном усилении их способности секретировать провоспалительные цитокины.

Сравнительный анализ продукции IL6 показал, что у спортсменов-пловцов по сравнению с контрольной группой снижена его сывороточная концентрация (в 2,3 раза, $p=0,014$), референсные значения IL6 находились в пределах $142,73 \pm 69,7025$, в группе контроля $334,298 \pm 32,5$. Высокий уровень интерлейкина-6 у неактивных людей, по мнению некоторых авторов, является показателем хронического воспаления [1, 5].

Анализ спонтанной продукции C-реактивного белка (CRP) не выявил достоверно значимых изменений в исследуемых выборках.

При проведении корреляционного анализа изучаемых показателей у спортсменов-пловцов были установлены прямые взаимосвязи между спонтанной продукцией противовоспалительных цитокинов IL4 и IL10 ($r=0,74$; $p=0,04$). Спонтанная секреция противовоспалительного цитокина IL10 прямо коррелировала со спонтанной продукцией провоспалительного цитокина IL6 ($r=0,54$; $p=0,01$). Такую корреляцию можно объяснить тем, что IL10 способен ингибировать иммунный ответ по TNF-пути, подавляя выработку провоспалительных цитокинов [5].

Кроме того, спонтанная секреция IL6 и α -TNF также была тесно взаимосвязана между собой ($r=0,69$; $p=0,002$). Согласно литературным данным эти цитокины проявляют синергичные взаимоусиливающие эффекты [5]. Слабые однонаправленные взаимосвязи отмечены между IL-1 β и IL1RA ($r=0,46$, $p=0,05$), что объясняется ролью рецепторного антагониста IL1, способного ингибировать выработку IL-1 β посредством связывания с клеточным рецептором интерлейкина-1 первого типа. Также была выявлена взаимосвязь митоген-индуцированной продукции IL1Ra/ IL4 ($r=0,73$; $p=0,03$). Рецепторный антагонист интерлейкина-1 связываясь с клеточным рецептором, влияет на его конформационные изменения, приводящие к трансдукции сигнала внутрь клетки, таким образом, подавляя активность провоспалительного интерлейкина-1. Вероятно, что IL1Ra в тандеме с IL4 выполняют противовоспалительную функцию.

На следующем этапе мы провели анализ ассоциаций полиморфных маркеров генов семейства интерлей-

кин-1 (*IL-1β* (*rs1143634*) и (*VNTR*- полиморфизм *86 bp*)) со средними значениями количественных показателей *IL-1β* и *IL1RA* в сыворотке крови у носителей различных генотипов. В группе контроля была обнаружена ассоциация повышенной концентрации *IL-1β* с «мутантным» по литературным данным аллелем **E2* гена *IL-1β* ($p=0,05$), усиливающим экспрессию гена и как следствие продукцию этого цитокина [8] и ассоциация низких значений *IL-1β* с аллелем *IL1RA*1* ($p=0,04$).

Также в группе контроля было обнаружено, что гомозиготный генотип *IL1RA*II*II* (аллель *II — является высокопродукующим [8] и коррелирует с высоким уровнем *IL-1β* ($p=0,04$)). Полученные данные можно объяснить механизмом связывания рецепторного антагониста интерлейкина-1 с рецептором I типа на мембра-

не клеток, так как сродство *IL1RA* с рецептором меньше поэтому для связывания необходим его избыток в 100 или более раз [8]. Также нами выявлена и обратная достоверно значимая корреляция между низкопродукующим аллелем *IL1RA*1* с низкими концентрациями *IL-1β* в сыворотке крови ($p=0,005$).

Таким образом, комплексная оценка основных иммунорегуляторных цитокинов у спортсменов, специализирующихся по виду спорта «плавание», позволила выявить значительное напряжение процессов иммуногенеза в период интенсивных тренировок. Хотя результаты митогенной стимуляции демонстрируют высокий уровень компенсаторных возможностей гуморальной иммунной системы у профессиональных спортсменов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мельников В.И. Уровень про- и противовоспалительных цитокинов у спортсменов водных видов спорта в период интенсивных физических нагрузок // Фундаментальные исследования. 2011. № 10. С. 122–125.
2. Назаров П., Шевченко Е., Осадчая О., Левон М. Иммуный статус спортсменов при физической нагрузке // Наука в олимпийском спорте. 2014. № 1. С. 37–43.
3. Раджабканиев Р.М., Ригер Н.А., Никитюк Д.Б., Галстян А.Г., Петров А.Н., Евсюкова А.О., Ханферьян Р.А. Сопоставление уровня иммунорегуляторных цитокинов и некоторых антропометрических показателей высококвалифицированных спортсменов // Медицинская иммунология. 2018. № 20. С. 122–125.
4. Ронин В.С., Старобинец Г.М. Руководство к практическим занятиям по методам клинических лабораторных исследований // Учеб. пособие. 4-е изд. М.: Медицина. 1989. С. 318.
5. Симбирцев А.С. Цитокины — новая система регуляции защитных реакций организма // Цитокины и воспаление. 2002. Т. 1. № 1. С. 9–16.
6. Cabral-Santos C., Gerosa-Neto J., Inoue D.S., Panissa V.L.G., Gobbo L.A., Zagatto A.M., Campos E.Z., Lira F.S. Similar anti-inflammatory acute responses from moderate-intensity continuous and high-intensity intermittent exercise // J. Sports Science and Medicine. 2015. Vol. 14. P. 849–856.
7. Chaar V., Romana M., Tripette J., Broquere C., Huisse M.G., Hue O., Chaar V., Effect of strenuous physical exercise on circulating cell-derived microparticles // Clinical Hemorheology and Microcirculation. — 2011. — Vol. 47(1). — P. 15–25.
8. Chen W.-C., Wu H.-C., Chen H.-Y., et al. Interleukin-1β gene and receptor antagonist gene polymorphisms in patients with calcium oxalate stones // Urol Res. 2001. Vol. 29. P. 321–324.
9. Denguezli-Bouzgarrou M., Ben Jabrallah M., Gaid S., Slama F., Ben Saad H., Tabka Z. Effects of brief maximal exercise on interleukin-6 and tumor necrosis factor-alpha // J. Biology of Sport. 2006. Vol. 23(1). P. 1–13.
10. Glund S., Deshmukh A., Long Y.C. Interleukin-6 directly increases glucose metabolism in resting human skeletal muscle // Diabetes. 2007. Vol. 56, no. 6, pp. 1630–1637.
11. Margeli A., Skenderi K., Tsironi M., Hantzi E., Matalas A.-L., Vrettou C., Kanavakis E., Chrousos G., Dramatic I.P. Elevations of Interleukin-6 and acute-phase reactants in athletes participating in the ultradistance foot race spartathlon: Severe systemic inflammation and lipid and lipoprotein changes in protracted exercise // J. Clinical Endocrinology and Metabolism. 2005. Vol. 90(7). P. 3914–3918. DOI:10.1210/jc.2004–2346.
12. Mathew C.C. The isolation of high molecular weight eucariotic DNA // Methods in Molecular Biology. 1984. Vol.2. P. 31–34.
13. Raimo Joro, Arja Uusitalo, Keith C DeRuisseau, Mustafa Atalay Changes in cytokines, leptin, and IGF-1 levels in overtrained athletes during a prolonged recovery phase: A case-control study // J. of Sports Sciences. 2016 Dec. Vol. 35(23). P. 1–8. DOI:10.1080/02640414.2016.1266379.
14. Robson P. Elucidating the unexplained underperformance syndrome in endurance athletes: the interleukin-6 hypothesis // J. Sports Medicine. 2003. Vol. 33(10). P. 771–781.
15. Steensberg A., van Hall G., Osada T., Sacchetti M., Saltin B. Production of interleukin-6 in contracting human skeletal muscles can account for the exercise-induced increase in plasma interleukin-6 // J. Physiology. 2000. Vol. 529(1). P. 237–242.

© Галимова Эльвира Мансуровна (vemgen@gmail.com), Галикеева Гузель Фанилевна (galikeevagf@yandex.ru),
Галимов Азат Мусавинович (Azat13Galimov@gmail.com), Губайдуллина Рината Ильшатовна (regi.mi@yandex.ru),
Хасбатуллина Гульназ Венеровна (khasbatullina@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРЫ УРОЖАЙНОСТИ ГЕНОТИПОВ ЧЕЧЕВИЦЫ СТАТИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ (LENS CULINARIS MEDIC)

CHARACTERIZATION OF ELEMENTS OF PRODUCTIVITY IN LENTIL (LENS CULINARIS MEDIC) GENOTYPES BY STATISTICAL METHODS

Sh. Mamedova

Summary. The research has conducted a comparative study based on structural analysis of some productivity parameters of the new lentil collections. In genotypes have been recorded the average genetic variation on plant height, number of seeds in beans, number of beans per plant, and 100 seeds weight. 31% of the studied samples have been determined as high productive, 43% moderately productive, and 26% low productive. Genotypes Flip 2011–61, Flip 2011–41, Flip 2011–43, 10941, 10940, 10939, 10929 and variety Jasmin have been evaluated as the most perspective samples.

Keywords: lentil, productivity, quality, correlation.

Мамедова Шамсия Эльхан

*Диссертант, н.с., Институт Генетических Ресурсов
НАНА, Баку, Азербайджан
sh.mammadova.agri@gmail.com*

Аннотация. В ходе исследования было проведено сравнительное исследование на основе структурного анализа некоторых параметров продуктивности новых коллекций чечевицы. В генотипах были зафиксированы средние генетические различия по высоте растения, количеству семян в бобах, количеству бобов на растении и массе 100 семян 31% исследованных образцов были признаны высокоурожайными, 43% — среднеурожайными, а 26% — низкоурожайными. Генотипы Flip 2011–61, Flip 2011–41, Flip 2011–43, 10941, 10940, 10939, 10929 и Жасмин оценены как наиболее перспективные образцы.

Ключевые слова: чечевица, урожайность, качество, корреляция.

Введение

Голод и недоедание — одна из важнейших проблем современности. Ограниченная доступность некоторых аминокислот и высокая стоимость продуктов животного происхождения сделали бобовых важной альтернативой для удовлетворения потребностей в белке [7].

Бобовые культуры богаты белком, они выращиваются для пищевых, кормовых и технических целей. Из-за низкого содержания протеина (в производимых кормах кормовая единица составляет 85–86 граммов перевариваемого протеина) потребление корма происходит выше нормы. По зоотехнической норме, это приводит к росту цен на продукцию животного происхождения. На каждую кормовую единицу должно приходиться 105–110 граммов перевариваемого протеина. Бобовые содержат все аминокислоты, необходимые человеку и животным. Семена и плоды содержат большое количество различных витаминов (А, В, С, РР и др.), необходимых для нормального функционирования организма.

Злаки и бобовые имеют большое значение как основной источник высокобелковой пищи и различных видов кормов для сельскохозяйственных животных.

Бобовые имеют ряд преимуществ перед другими небобовыми культурами. Во-первых, вегетативные и генеративные органы бобовых культур в 2–3 раза богаче белком, чем другие растения. Семена, стебли, ветви и листья бобовых, содержат большое количество белка. Во время кормления сельскохозяйственных животных зернобобовыми, а также смесью зернобобовых, увеличивается переваримость протеина зерна на 20–50%. 80–90% белка бобовых культур хорошо усваивается животным организмом.

Еще одно преимущество бобовых культур состоит в том, что они накапливают много азота на одном участке земли. Белок, производимый бобовыми, очень дешево обходится для хозяйства. Бобовые являются хорошими предшественниками для большинства небобовых растений. С пожнивными остатками корней и ревеня, бобовые сохраняют в почве значительное количество азота и другие питательные вещества. Бобовые культуры выращивают для получения сухой травы, зеленой массы и силоса. Семена бобовых также богаты незаменимыми аминокислотами. Соя, бобы, чечевица, зеленый горошек и нут богаты незаменимым лизином, метионином, триптофаном. Процент переваримости протеинов этих бобовых организмом высокий.

Таблица 1. Название, происхождение и номера образцов чечевицы по каталогу

№	Название и номер образца чечевицы по каталогу	Происхождение	№	Название и номер образца чечевицы по каталогу	Происхождение
1	Flip2010–19	İCARDA	24	Flip2011–59	İCARDA
2	Flip2010–26	İCARDA	25	Flip2011–61	İCARDA
3	Flip2010–81	İCARDA	26	Flip2011–64	İCARDA
4	Flip2010–91	İCARDA	27	10932	
5	Flip2010–94	İCARDA	28	10946	
6	Flip2010–95	İCARDA	29	10939	
7	Flip2010–96	İCARDA	30	10943	
8	Flip2010–97	İCARDA	31	Flip2011–32	İCARDA
9	Flip2010–101	İCARDA	32	Flip2011–31	İCARDA
10	Flip2011–13	İCARDA	33	10928	
11	Flip2011–14	İCARDA	34	Flip2011–40	İCARDA
12	Flip2011–17	İCARDA	35	10937	
13	Flip2011–18	İCARDA	36	10940	
14	Flip2011–19	İCARDA	37	10926	
15	Flip2011–20	İCARDA	38	10925	
16	Flip2011–26	İCARDA	39	Flip2011–384	İCARDA
17	Flip2011–35	İCARDA	40	10942	
18	Flip2011–37	İCARDA	41	10934	
19	Flip2011–41	İCARDA	42	10929	
20	Flip2011–42	İCARDA	43	10930	
21	Flip2011–43	İCARDA	44	Flip2011–29	İCARDA
22	Flip2011–51	İCARDA	45	Flip2011–36	İCARDA
23	Flip2011–57	İCARDA	46	Jasmin	Азербайджан

Чечевица (*Lens culinaris* Medic.) — одни из первых и самых ценных бобовых культур и выращивается на зерно. Для развивающихся стран, она считается важным продуктом питания с высоким содержанием протеина. Особенно важную роль играют в пищеварении у жвачных животных также солома чечевицы, которая содержит 13% протеина[9].

Чечевица не накапливает нитраты, токсичные вещества, радионуклиды, поэтому представляет собой экологически чистый продукт. Хозяйственное значение чечевицы напрямую связано с химическим составом ее семян. В чечевице содержится до 22–35% белка, 48–53% углеводов, 0,6–2% жира и 2,2–4,4% минеральных солей. Кроме того, в чечевице присутствуют такие микроэлементы, как Fe, Zn, P, Ca, B и витамины групп C, β-каротин [11, 15].

Фибриллярные волокна и сапонины в составе чечевицы, подавляют рост опухоли, подавляя синтез ДНК в раковых клетках [14].

В последние годы, усиление засухи в Азербайджане препятствует выращиванию устойчивых к дождю и засухе образцов чечевицы, а нестабильные урожаи способствуют тому, что фермеры в поисках новых сортов.

Создание высокоурожайных, устойчивых к засухе и болезням, скороспелых, высокорослых, но устойчивых к полеганию, здоровых сортов — основные требования фермеров. В этом направлении ведутся различные исследования [3, 4, 5].

Помимо высокой урожайности важно изучить другие количественные и качественные характеристик бобовых. Из-за узкой генетической базы этой культуры, сложно создать разные сорта по любому признаку, но в этом отношении, включение в исследования большого количества генотипов из мировой коллекции может быть полезным [2, 6].

Материалы и методы

Характеристика генотипов чечевицы проводилась в полевых условиях на Апшеронской научно-исследовательской базе в 2-х экспериментальных условиях (с орошением и без орошения) в течение 2013–2016 гг. Начиная со стадии цветения, один повтор образца поливался регулярно, а другой повтор –раз в два дня. Были проведены наблюдения и сравнивались результаты структурного анализа. Анализы проводились отдельно по годам, и на основе общих результатов за два года с помощью кластерного анализа была построена дендрограмма.

Таблица 2. Степень вариации некоторых элементов продуктивности в образцах чечевицы.

Признаки	Мин.	Макс.	Среднее число, ±	Среднее квадратическое отклонение	Статистическая значимость
Высота расположения 1-го боба, см	9,0	18,7	13,8±0,11	2,2	**
Высота растения, см	27,00	44,7	35,0±0,21	4,1	***
Число семян на растение, шт.	50,00	153,0	100,4±0,25	41,1	**
Кол-во бобов на растение, шт.	50,00	167,0	104,4±0,41	24,6	**
Масса 100 семян, гр	2,50	5,2	3,6±0,15	0,6	***
Количество выходов, шт.	62,00	100,0	81,4±0,19	7,2	*

Образцы выращивались в нормальных (орошаемых) условиях на Апшеронской опытной базе Института генетических ресурсов НАНА в 2013–2016 гг. По схеме посева расстояние между рядами составляло 45 см, длина ряда — 2 м, расстояние между растениями — 5 см. Глубина заделки семян составила 5–7 см. В течение вегетационного периода проводились морфологические (количество цветков, окраска и др.) и фенологические (первый всходы, 50% цветение и др.) наблюдения, а также проводились агротехнические работы. После полной зрелости из каждого образца отбирались 10 растений с корнями и проводилось сравнительное исследование на основе структурного анализа по 9 параметрам продуктивности (высота растения, количество продуктивных стеблей, количество бобов на растении, количество семян на растении, масса семян на растении, масса 100 семян, количество семян на один боб, ширина и длина бобов).

Высота растения (см) на 10 случайно выбранных растениях определялась путем измерения части почвы от верха почвы до самой высокой точки растения. С целью определения массы (г) 100 семян, взятых из образцов, семена были разделены на 4 группы по 100 семян в каждой, их масса измерялась и определялось среднее число. Количество бобов и семян (единиц) определялось путем подсчета бобов и семян на 10 случайно выбранных растениях и по определению среднего числа. Ширина и длина боба измерялись линейкой.

Статистический анализ полученных результатов проводился с помощью компьютерной программы SPSS. Степень вариации компонентов продуктивности между генотипами и статистическую значимость этой вариации оценивали методом ANOVA. Была рассчитана фенотипическая корреляция между признаками, анализ основных компонентов использовался для определения компонентов, ответственных за вариации в соответствии с фенотипическими признаками, а кластерный анализ был использован для определения генетического расстояния между образцами.

Корреляции определялись с помощью компьютерной программы SPSS по следующей формуле (формула 1):

$$r = \frac{\sum x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sqrt{(\sum x_i^2 - n \bar{x}^2)(\sum y_i^2 - n \bar{y}^2)}} \quad (1)$$

Здесь x и y означает отдельные символы, а n — примеры.

Кластерный анализ был выполнен с использованием программы SPSS. Этот анализ основан на методах Уорда и UPGMA, определяет генетическое расстояние между образцами, таким образом, помещает генетически близкие образцы в единую группу. Результаты группировки описываются в виде дендрограммы с помощью кластерного анализа.

Кластерный анализ для экономических показателей UPGMA (Unweighted Pair Group Method Using Arithmetic Average) основан на евклидовой расстоянии [16].

Результаты исследования и их обсуждение

Исследовались 46 образцов чечевицы разного происхождения выращенные в условиях орошения, в течение 3 лет на Апшеронской научно-исследовательской базе, и структурные элементы образцов были изучены. Полученные результаты были проанализированы с помощью статистических методов. Самым эффективным методом анализа показателей продуктивности является вариационный анализ. Высота растения является наиболее чувствительным признаком, подвергающийся влиянию окружающей среды и оказывающий широкую вариацию. В наших исследованиях была зафиксирована высокая вариация по высоте растений (27,0–44,7 см). Максимальная высота была зафиксирована в образцах Жасмин (44,7 см) и 10932 (43,3 см), а минимальная — в образцах Flip 2010–81 (28,0 см) и Flip 2010–96 (27,0 см).

В своем исследовании по образцам чечевицы, Али Коч., изучив их фенологических и морфологических

Таблица 3. Корреляция показателей продуктивности образцов чечевицы (*Lens culinaris Medic*)

	Высота расположения 1-го боба	Высота растения	Количество семян на растение	Количество бобов на растении	Масса 100 семян	Количество выходов
Высота расположения 1-го боба	1	0.650**	0.119	0.250	0.318*	0.020
Высота растения		1	0.572**	0.471*	0.435*	0.140
Количество семян на растение			1	0,598**	0.093	0.080
Количество бобов на растении				1	0,247	0,089
Масса 100 семян					1	0,05
Количество выходов						1

* = P < 0.05, ** = P < 0.01, *** = P < 0.001

особенностей показал, что высота у растений составляла 44–55 см [1], в то время как в Индии, Гупта и его коллеги в своем исследовании над чечевицей отметили, что высота у растений составляла 6,2–24,2 см [9]. Исходя из литературных источников, в целом изученные нами образцы можно назвать средневысокими (32–36 см).

Резкая вариация наблюдалась на количестве бобов и семян. Таким образом, количество бобов на растение составляло 50,0–167,0, а количество семян на растение — 50,0–853,0. Наибольшее количество семян было отмечено в Flip 2011–41 (167,0 шт.), 10943 (165,0 шт.), наименьшее количество зерен было отмечено в Flip 2010–81 (50 шт.). Количество семян в 1 бобе обычно 1–2, в некоторых образцах 3, а масса 100 семян колеблется в пределах 2,5–5,2 г.

Масса 100 семян варьировала от 2,5 до 5,2 г. Самый низкий показатель этого признака был отмечен у Flip 2011–42 (2,5 г), а самый высокий — у образца Жасмин (5,2 г). Другие исследования показали, что масса 100 семян не зависит от воздействия окружающей среды и для разных генотипов колеблется в пределах 1,07–8,55 грамма [6, 13, 15].

Для определения взаимосвязи между различными элементами продуктивности, корреляционный анализ был рассчитан на основе трехлетних средних значений (таблица 3). Значимая положительная корреляция (P < 0,001) была обнаружена между высотой растения и количеством бобов на растение, между количеством семян на растение и массой. Однако значимость этой корреляции варьируется. Хотя корреляция между высотой расположения 1-го боба и количеством семян на растении и количеством бобов на растении не является статистически значимой, существует очень значимая (P < 0,001) положительная корреляция между этим признаком и высотой растения. В наших эксперимен-

тах положительная корреляция была зафиксирована между количеством семян на растение и количеством бобов, а также отрицательная корреляция (r = -0,093) была отмечена между количеством семян на растение и массой 100 семян.

Это свидетельствует о том, что увеличение количества семян привело к уменьшению массы 100 семян. Отрицательная корреляция между количеством семян и массой 100 семян отмечена также в других исследованиях [6, 8, 12, 17]. В своем исследовании, Токлу и его коллеги (2009) отметили значимую взаимосвязь между количеством и массовыми признаками у семян местных генотипов чечевицы [18]. По литературным сведениям, также отмечается, что количество бобов на растение, количество зерен в растении, масса и высота расположения 1-го боба должны приниматься во внимание в качестве критериев селекции [9, 10, 15].

В нашем исследовании не было обнаружено значимой корреляции между количеством выходов и исследованными показателями продуктивности.

Среди исследованных образцов чечевицы был проведен кластерный анализ и на основании изученных показателей продуктивности образцы были сгруппированы.

Анализ проводился на основании чисел в среднем за 3 года, результаты были описаны с помощью дендрограммы (рисунок 1). Как видно из дендрограммы, 46 изученных образцов чечевицы разного происхождения были сгруппированы в 5 основных группах, при этом количество и происхождение генотипов, включенных в каждую группу, были разными (Таблица 4).

Большая часть вариации между образцами была связана с количеством семян на растении. Кластерный

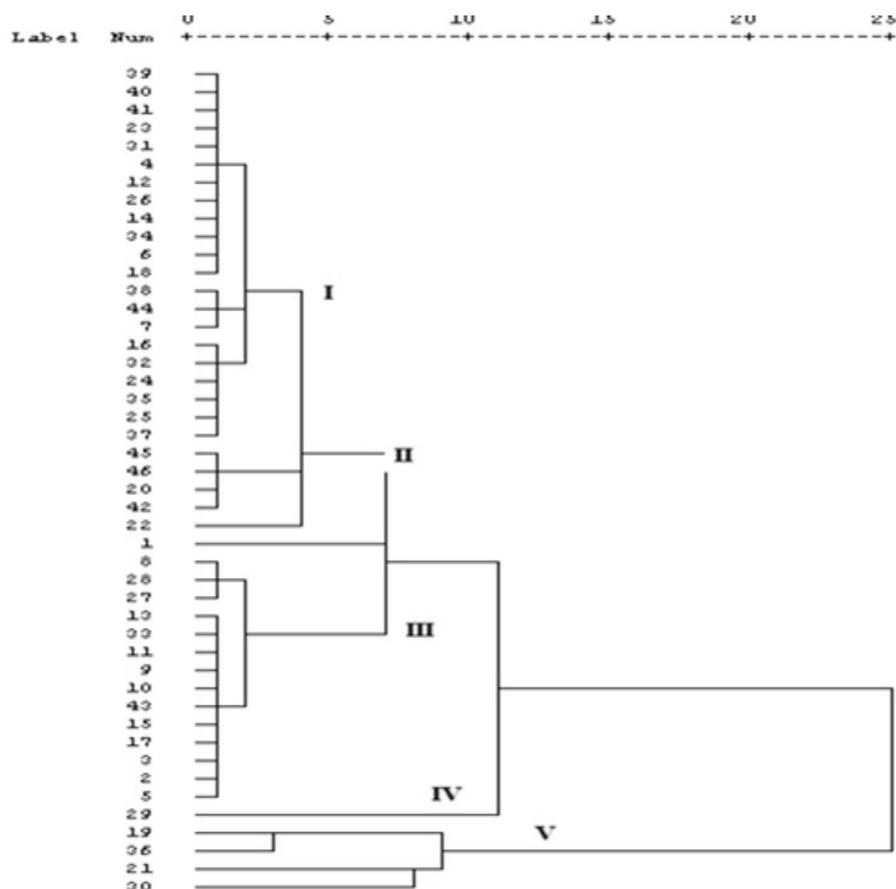


Рис. 1. Группирование генотипов чечевицы по морфологическим и количественным показателям выращенных в 2013–2016 гг.

Таблица 4. Вариация признаков в образцах чечевицы, сгруппированных в разные кластеры.

Кластер	Количество и происхождение генотипов, включенных в кластер	Высота растения, см	Высота расположения 1-го боба	Количество бобов на растении, шт.	Количество семян на растении, шт.	Масса 100 семян, гр.	Количество выходов
I	4, 6, 7, 12, 14, 16, 18, 23, 24, 25, 26, 31, 32, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 44	27,0–40,3	11,0–14,7	85,7–138,0	80,3–153,0	2,9–4,7	68–100
II	20, 22, 42, 45, 46	30,0–44,7	11,3–17,0	81,7–149,3	114,7–151,3	2,5–5,2	78–81
III	1, 2, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 13, 15, 17, 26, 27, 33, 43	28,0–43,3	9,0–16,7	50,0–116,0	50,0–149,7	2,5–4,7	62–91
IV	29	41,0	16,3	81,3	133,3	3,4	92
V	19, 21, 30, 36	31,0–38,7	10,0–14,0	53,3–167,0	135,7–225,7	2,6–3,3	73–85
Общее среднее значение		35,1	13,8	104,4	100,43	3,6	81,4

анализ, основанный на этот показатель позволяет разделить генотипы на группы по количеству семян. По таблице 4, кластер I является самой большой группой и объединяет 46% исследованных образцов. Образцов, принадлежащих к этой группе, можно оценить, как ко-

роткорослых, средне урожайных. 10929, Flip 2011–42, Flip 2011–57, Flip 2011–36, Жасмин включенные в 2-ую группу, были оценены как средне рослые и высоко урожайные образцы. 15 образцов, включенных в кластер III, относятся к группе среднерослых, средней урожай-

ности, только один образец, включенный в кластер IV (10939), и 4 образца, включенные в кластер V (Flip2011–41, Flip2011–43, 10941, 10940), являются высоко рослыми и имеют высокое количество семян.

В результате анализа выявлено среднее ($P < 0,01$) статистически значимое генетическое разнообразие среди 46 генотипов чечевицы, культивируемых по отдельным морфологическим и количественным признакам. Среди генотипов, из исследованных образцов 31% отмечены как высокоурожайными, 43% — средне урожайными,

26% — низко урожайными. Таким образом, в результате анализа среди 46 генотипов чечевицы, культивируемых по индивидуальным морфологическим и количественным характеристикам было выявлено среднее ($P < 0,01$) статистически значимое генетическое разнообразие. Установлено, что из исследованных образцов 31% из них были отмечены как высоко урожайными, 43% — средне урожайными, 26% — низко урожайными. Среди генотипов Flip2011–61, Flip2011–41, Flip2011–43, 10941, 10940, 10939, 10929 и Жасмин были оценены как наиболее перспективные образцы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ali Koç, Hakkı Akdeniz, 2019. Determination of yield and technological characteristics of some red lentil (*Lens Culinaris medik.*) Genotypes in watery conditions of Beyazkule Ceylanpinar. *Erciyes Journal of Agriculture and Animal Sciences ETHABD*, Volume 2, Issue 2 (2019), pp. 15–20.
2. Aydogan, A., Karagul, V., Gyurbuz, A., 2008. Effect of different sowing times on yield and yield components of green and red lentils (*Lens culinaris Medik.*). *Journal of the Central Research Institute of Field Crops*, 2008, 17 (1–2).
3. Amirov L.A., Mirzaev R. Sh., Hasanova G.M., Mamedov Kh.I., Shikhalieva K.B., Babaeva S.M. Results of research and breeding of the lentil gene pool // *Proceedings of the Azerbaijan Research Institute of Crop Husbandry*. Baku: Muallim, 2014, v.XXV, p.38–41.
4. Mirzaev R.S., Amirov L.A., Dzhahangirov A.A. (2014) Study of drought resistance of samples of food and leguminous crops // *Proceedings of the Azerbaijan Research Institute of Crop Husbandry*. Baku; Muallim, v.XXV, p. 152–155
5. Yusifov M.A. *Plant growing*. Baku: Ganun, 2011, pp. 112–125.
6. Beecher B.T, Toncher E. and Chakar, D. Relationship between yield and yield elements of local lentil varieties in the Southeast Anatolia region. Turkey 4. *Field Crops Congress*, 381–384, 2001.
7. Bukak, B., Al, V., Baisal, I. and Polat T. Alternative varieties and lines of lentils GAP III. *Agricultural Congress*, 555–558, 2003.
8. Chiftchi V. and Yulker M. Analysis of adaptation and stability of yield and some components of the yield of winter lentils // *ukurova Uni. Zir. Fac. Derg.*, 16: 47–54, 2001.
9. Gupta A, Sinha MK, Mani VP, Dube SD. 1996. Classification and Genetic Diversity in Lentil Germplasm. *Lens Newsletter*. Vol: 23, No: 1/2, Icarda.
10. Gunel E., Yilmaz N., Erman M., Kulaz H. 1993. Investigations of the phenological and morphological properties of lentils (*Lens culinaris Medic.*) Under environmental conditions Wang, *Journal of the Faculty of Agriculture of Yuzyuncu Yil University*, 3 (12): 315–323
11. Chehrali S. *Fodder Grain legumes*. Faculty of Agriculture, University of Ankara Publications: 1089 Textbook: 314, Ankara, 1988.
12. Luthra and P.C. Sharma. Correlation and path analysis in lentils., Department of Agricultural Botany, Meerut University, India, *Lens Newsletter* Vol. 17, no. 2, 1990.
13. Sepetoğlu H. *Food Grain Legumes*. Ege University Faculty of Agriculture Publications, No: 24, İzmir. 1994.
14. Montemurro Filippo, Redana Stefania, Viale Giuseppe et al. Eating Beans May Stave of Breast Cancer // *Int. J. Cancer* 2005, V. 114, p. 628–633
15. Saxena MC. *Agronomy of lentils*. In: C. Webb and G. Hawtin (eds.), *Lentils*. C.A.B., London, UK., p. 111–130, 1981.
16. Rohlf F.J. *NTSYS-PC numerical taxonomy and multivariate analysis system*, version 2.1. New York: Exeter. Publ., 2004, 38 p., p.21–22.
17. Sozen, O., Karadavut, U. Determination of the Relationships Between Grain Yield and Yield Components in Some Green Lentil Genotypes. *Journal of the Field Crops Central Research Institute*, 26 (1), 104–104. <https://doi.org/10.21566/tarbitderg.323605>, 2017.
18. Toklu, F., Bicer, B.T., Karakoy, T., 2009. Agro-morphological characterization of the Turkish lentil landraces. *African Journal of Biotechnology*, 8(17):4121–4127.

© Мамедова Шамсия Эльхан (sh.mammadova.agri@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АКУСТИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДА ОРЕНБУРГ

THE MAIN PROBLEMS OF ACOUSTIC POLLUTION IN THE CITY OF ORENBURG

*I. Fatikhova
N. Kutlin*

Abstract of the article. The article describes the problem of acoustic pollution of the city of Orenburg, examines the problem of the impact of noise pollution on human health. The problem of acoustic pollution has long worried the residents of Orenburg, so it was important to describe it in this article. Sound protection is also described. Noise protection — a set of measures to reduce noise in production (installation of sound-insulating casings on equipment, mufflers in compressors, fans, etc.), in transport (silencers of emissions, creation of acoustic screens on roads, noise protection zones), in civil and industrial construction.

Keywords: acoustics, noise, acoustic pollution, noise pollution, industrialization, railway transport.

Фатихова Ильгиза Вазиховна

Бирский филиал Башкирского государственного
университета

FatikhovaI.V@yandex.ru

Кутлин Николай Георгиевич

Д.б.н., профессор, Бирский филиал Башкирского
государственного университета

Kutlin52@list.ru

Аннотация. В статье описывается проблема акустического загрязнения города Оренбург, рассматривается проблема влияния шумового загрязнения на здоровье человечества. Проблема акустического загрязнения давно волнует жителей Оренбурга, поэтому было важным описать его в данной статье. Также описывается шумозащита. Шумозащита — комплекс мероприятий по снижению шума на производстве (установка звукоизолирующих кожухов на оборудовании, глушителей в компрессорах, вентиляторах и др.), на транспорте (глушители выбросов, создание на дорогах акустических экранов, шумозащитных зон), при гражданском и промышленном строительстве.

Ключевые слова: акустика, шум, акустическое загрязнение, шумовое загрязнение, индустриализация, железнодорожный транспорт.

Акустическое загрязнение — интенсивный и нежелательный звук, который возникает в результате человеческой деятельности. Хотя звук химически или физически не изменяет и не повреждает окружающую среду, как это происходит при обычном загрязнении воздуха или воды, он может достигать такой интенсивности, что вызывает у людей психологический стресс или физиологические нарушения. В этом случае можно говорить об акустическом загрязнении среды.

Актуальность статьи заключается в том, что, начиная с середины XX века, выявилась тенденция активной индустриализации городов, всеобщего возрастания количества автотранспорта, что в условиях старой планировки городов не соответствует благоприятному и комфортному проживанию жителей городской зоны. Воспринимаемая сознательно и бессознательно акустическая нагрузка отрицательно воздействует на удобство проживания и условия жизни, самочувствие, настроение, активность и общую динамику состояния жителей городов.

Высокое акустическое загрязнение зависит от планировки городов: в старых районах наблюдается высо-

кая плотность улиц близ автомагистралей, достаточно близкое соседство жилых домов с ними, недостаточная шумовая изоляция. Шум, который возникает на проезжей части магистрали, распространяется не только на территорию, находящуюся около дороги, но и вглубь жилой застройки. Безусловно, новая планировка районов жилых зон решит проблему шумового загрязнения, но не полностью [2, с. 47].

По объемам выбросов загрязняющих веществ Оренбургская область находится в ряду регионов России с наибольшими объемами выбросов (более 500.0 тыс.т.). Одним из показателей оценки состояния является такой показатель как количество выбросов загрязняющих веществ, приходящегося на одного жителя и акустический шум, влияющий на город.

Значимость изучения акустического загрязнения от железнодорожного транспорта для практических целей обуславливается оценкой влияния на организм человека и поиск путей для решения данной проблемы. Железнодорожный транспорт — вид транспорта, перевозка грузов и пассажиров на котором осуществляется по рельсовым путям.

Таким образом, для территории, где проходят поезда могут быть применены различные зеленые загрязнения небольших размеров в виде кустарниковых насаждений, шумозащитные экраны.

Среди прочих факторов, влияющих на здоровье человека, шум — на втором месте после химического загрязнения воздуха. Шум от автомобильных дорог составляет 80% от общего шумового загрязнения. Усиление шумового фона свыше предельно допустимых величин (80 дБ) представляет собой опасность для физического и психического здоровья населения. Транспортный или производственный шум действует угнетающе на человека — утомляет, раздражает, мешает сосредоточиться [1]. Так как вклад автотранспорта в акустическое загрязнение городской территории является преобладающим, целью исследования является оценка шумового загрязнения на примере центрального района г. Оренбург, определение соответствия уровня шума санитарно-гигиеническим нормативам и составление шумовой карты второго класса точности, благодаря которой жители получают возможность выбрать наиболее комфортное место для проживания и рекреации в плане шумового воздействия, а власти города — определить приемлемые места для новой застройки и выделить области, нуждающиеся в проведении шумозащитных мероприятий.

Интенсивность шума измеряется в децибелах (дБ) и варьируется в зависимости от типа транспортного средства. Оценка шумового загрязнения центрального района г. Оренбурга проводилась по методике ГОСТ 23337–78 Шум. «Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий» [2]. Исследование проводилось на дорогах общегородского значения и транспортных перекрестках города, которые имеют различные характеристики состава транспорта.

В статье выделен как основной источник шума для исследования — транспортный поток, так как составляет больше половины всего шумового загрязнения и является доступным для проведения замеров.

Для измерений уровня шума обоснован выбор территории центрального района города Оренбурга — самая людная часть города с множеством мест для рекреации и плотной транспортной сетью. Целью работы является составление шумовой карты и выявление зон с превышением и соблюдением нормативов предельно допустимого уровня шума. Для составления шумовой карты использовался шумомер второго класса точности, которым было проведено 280 замеров на 23 улицах города: вдоль транспортных дорог, прилегающих зданий, зон отдыха, жилых дворов.

Приводится методика измерения в соответствии методическими указаниями определения уровня шума, создаваемого транспортным потоком, аргументируется выбор измеряемой величины. Приводятся данные предельно-допустимого уровня шума нормируемой величины для исследуемых объектов.

Сама шумовая карта создана с использованием геоинформационной системы ArcGIS10.3 и составлена без учёта жилой застройки. Все измеренные показатели приведены на карте в усреднённом значении за период измерения октября 2021 года. По итоговым данным сделаны выводы об общем шумовом загрязнении центрального района, описаны причины сложившейся неблагоприятной ситуации в плане шумового загрязнения на улицах с максимальным превышением допустимого уровня шума.

Измерения проводились Шумомером СЕМДТ-8852. Прибор производит измерения в диапазоне от 30дБ до 130дБ. Шумомер соответствует требованиям методики ГОСТ 23337–78 Шум и является прибором второго класса точности [2]. По итогам всех полученных измерений была составлена карта шумового загрязнения центрального района г. Оренбурга в геоинформационной системе ArcGIS10.3. Карта составлялась без учёта жилой застройки. Таким образом, проведённое исследование выявило зоны центрального района города с превышением и соблюдением максимально допустимого уровня шума.

На данной карте приведены средние значения измеренных данных в течение дня, также за будние и выходные дни. Практически на всех исследуемых улицах наблюдается повсеместное превышение уровня шумовой нагрузки вдоль автомобильных дорог и прилегающих к ним зданий, более 90% замеренных показаний превышали допустимый порог в 55 дБ. В данной работе не зафиксировано нарушения нормы шума внутри жилой застройки (во дворах), максимально измеренное значение составляло 52 дБ. Максимальное превышение уровня шума зафиксировано на пр. Победы, ул. Терешковой, ул. Ленинской, ул. 8 Марта, также на перекрёстке ул. Ленинской и ул. 8 Марта, ул. Максима Горького.

В период проведения исследования (октябрь 2021 года) защита от шума зелёными насаждениями была минимальной, так как насаждения на исследуемой территории представлены лиственными породами деревьев. Экранирование составляло максимум 2–3 дБ. В течение исследования зафиксировано понижения уровня шума на 4–7 дБ в выходные дни. Это объясняется снижением интенсивности автомобильного движения. В качестве мест с минимально зафиксированным уровнем шума можно выделить улицу Советскую, на ко-

торой уровень шума находится на границе допустимого значения — 57дБ.

Также абсолютно во всех парках центрального района уровень шума находится на границе допустимой нормы — 56–58 дБ в зависимости от места измерения

на территории парка. При проведении работы было отмечено, что архитектура центрального района города способствует повышенному шумовому загрязнению: автомобильные дороги прилегают максимально близко к жилой застройке, что исключает возможность использования зелёных насаждений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакаева, Н.В., Данилевич, Д.В., Шишкина, И.В. Оценка акустического загрязнения городской среды // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. — № 4–2014. С. 78–85.
2. Некипелова, О.О., Некипелов М.И., Шишелова Т.И., Маслова Е.С. Шумовое загрязнение городской среды и его влияние на население // Фундаментальные исследования. — 2017. — № 5 — С. 46–47.
3. Шишелова Т.И., Малыгина Ю.С., НгуенСуан Дат. Влияние шума на организм человека // Успехи современного естествознания. 2019. № 8. С. 14–15.

© Фатихова Ильгиза Вазиховна (Fatikhoval.V@yandex.ru), Кутлин Николай Георгиевич (Kutlin52@list.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Башкирский государственный университет

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОНИТОРИНГА РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ УЗЛОВ ТЕРРИТОРИАЛЬНО- РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СЕТИ

A SOFTWARE PACKAGE FOR MONITORING THE HEALTH AND PERFORMANCE OF NODES IN A GEOGRAPHICALLY DISTRIBUTED

**A. Andryukhin
N. Grachev
N. Lvov**

Summary. This paper presents the results of research and development of a software package for remote monitoring with the possibility of covert and partially full-featured device control, which provides: collection of information about current processes; collection of information about the current installed programs and related services; collection of information about the configuration of the workstation; collection of information about the current state of the processor, RAM, disks and other components of the device; the ability to remotely shutdown and reboot the device; the ability to remotely execute commands. The developed software should significantly facilitate the function of monitoring workstations, as well as control and assistance to employees during remote operation.

Keywords: software tools, monitoring, network management.

Андрюхин Александр Гавриилович

К.т.н., доцент, МИРЭА — Российский технологический университет (г. Москва)
pr1110@list.ru

Грачев Николай Николаевич

К.т.н., профессор, МИРЭА — Российский технологический университет (г. Москва)
nnggrachev@mail.ru

Львов Никита Сергеевич

МИРЭА — Российский технологический университет (филиал в г. Фрязино)
lvov_ns@outlook.com

Аннотация. В данной работе представлены результаты исследований и разработки программного комплекса для удаленного мониторинга с возможностью скрытного, и частично полнофункционального управления устройством, обеспечивающего: сбор информации о текущих процессах; сбор информации о текущих установленных программах и соответствующих служб; сбор информации о конфигурации рабочей станции; сбор информации о текущем состоянии процессора, оперативной памяти, дисках и других компонентах устройства; возможностью удаленного выключения и перезагрузки устройства; возможностью удаленного выполнения команд. Разработанное программное обеспечение должно существенно облегчить функцию мониторинга рабочих станций, а также контролирование и оказание помощи сотрудникам при удаленном режиме работы.

Ключевые слова: программные средства, мониторинг, управление сетью.

В эпоху развития вычислительных технологий, а также компьютеризации и автоматизации различных процессов все больше компаний внедряют и наращивают вычислительные мощности. Сложно сказать, что какая-либо компания в настоящий момент не имеет хотя бы пару компьютеров. Зачастую у каждой организации имеется собственная выделенная сеть, в которую входят все компьютеры и устройства, на которых работают сотрудники. Средние и крупные организации как правило имеют несколько различных подразделений, офисов, где также используется выделенная сеть, в которую входят все рабочие станции [1]. Важно понимать, что вычислительная техника требует обслуживания, своевременного выявления проблем, а также инвентаризации установленного программного обеспечения, и контроля за действиями сотрудников при работе с устройством — иначе говоря, мониторинга рабочих станций. Мониторинг обычно осуществля-

ет системный администратор, в полномочия которого входит настройка и поддержания работоспособности всех компьютеров и прочих устройств в сети. Так как зачастую устройств гораздо больше, чем обслуживающих их специалистов, то для удобного управления и мониторинга устройств используется специальное программное обеспечение (ПО) [3].

В последнее время во многих компаниях также увеличилось количество сотрудников, которые работают удаленно со своих устройств без подключения к сетям компаний, что в свою очередь ограничивает контроль работы сотрудников, а также ослабляет безопасность при работе с корпоративными данными.

Исходя из вышеизложенного и текущей тенденции перевода сотрудников организаций на удаленный режим работы остро встает вопрос о мониторинге

Таблица 1. Основные характеристики разработанного ПО

Характеристика	Значение
Максимальное количество пользователей	Неограниченно
Удаленное выполнение команд и скриптов	Команды и скрипты
Возможность скрытного выполнения	Присутствует
Возможность мониторинга	Присутствует
Сетевая архитектура	Клиент-серверная с промежуточным сервером

за устройствами в иных сетях, отличных от корпоративной.

Представленные на рынке готовые программные решения для контроля и мониторинга рабочих станций малоэффективны и зачастую крайне неудобны.

Целью данной разработки является программный комплекс для удаленного мониторинга с возможностью скрытного, и в то же время на 75–90% полнофункционального управления устройством, а именно со следующим функционалом: сбор информации о текущих процессах; сбор информации о текущих установленных программах и службах; сбор информации о конфигурации рабочей станции; сбор информации о текущем состоянии процессора, оперативной памяти, дисках и других компонентах устройства; получение скриншотов с устройства; с возможностью удаленного выключения и перезагрузки устройства; с возможностью удаленного выполнения команд. Разработанное ПО должно существенно облегчить функцию мониторинга рабочих станций, а также контролирование и оказание помощи сотрудникам при удаленном режиме работы.

Разрабатываемое ПО может работать в разного рода корпоративных сетях, таких как: централизованная корпоративная сеть; централизованная корпоративная сеть с филиалами; децентрализованная корпоративная сеть; сеть типа «виртуальный офис».

В разработанном программном комплексе сделан упор на детальный мониторинг рабочих станций, а также на гибко регулируемую нагрузку сети. Используется архитектура клиент-серверная с промежуточным сервером, которая позволяет устанавливать соединение как в корпоративной сети, так и за ее пределами в обход возможных ограничений брандмауэра.

Для отслеживания устройства необходимо всего лишь произвести установку агента на рабочую станцию. Агент в данном случае работает скрытно и не затрудняет работу пользователю.

Также предусмотрено удаленное выполнение команд PowerShell, удаленная перезагрузка и выключение рабочей станции.

Агент, в свою очередь, производит сбор информации с компьютера и отправляет ее на удаленный сервер. Информация может быть как запрошена специалистом, так и автоматически отправлена. Производится сбор следующей информации: об операционной системе, ее версии и дате установки; о загруженности ЦП, ОЗУ, дисков; об установленных программах и службах; об входящем и исходящем трафике; о запущенных процессах; об внутренних компонентах рабочей станции [3].

Основные характеристики разрабатываемого ПО представлены в таблице 1.

Для реализации программного комплекса необходимо было спроектировать его архитектуру. В данной работе, необходимо реализовать работу программного комплекса из любого вида сети, как территориально распределенной, так, например, и из сети, не имеющей доступа к сети компании.

В разработанном программном комплексе были учтены все недостатки аналогов, а следовательно разработанный комплекс должен эффективно решать поставленную задачу и полностью удовлетворять те цели, которые были перед ним поставлены.

Проведя сравнительный анализ наиболее популярных аналогов разрабатываемого ПО, можно выделить основные недостатки в функциональности аналогов программы: частичное либо полное отсутствие возможности мониторинга; нежелательная лишняя нагрузка на сеть; отсутствие возможности скрытного выполнения; ограниченное количество пользователей.

Реализация сценария, где сеть имеет конфигурацию, в которой рабочие станции находятся не в едином сетевом периметре с центральным офисом, требует на-



Рис. 1. Подключение к компьютеру по архитектуре клиент-сервер

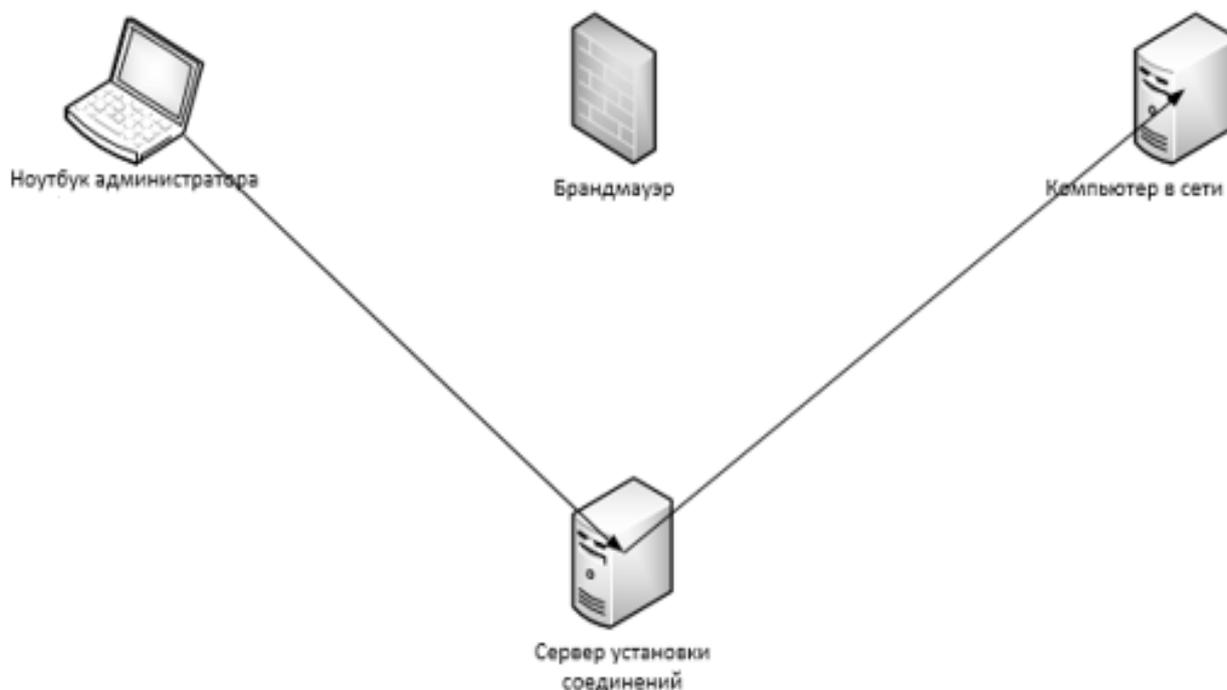


Рис. 2. Подключение к компьютеру по архитектуре «агент-сервер»

личия специально спроектированной архитектуры, так как использование стандартных архитектур, например, клиент-серверной затруднительно. Стоит отметить, что использование стандартных архитектур для реализации вышеуказанной задачи осложнено своей строгой привязанности к работе на публичных IP адресах. Сервер не сможет получить доступ к клиенту, не зная его адреса, только клиент имеет возможность установить соединение с сервером.

Таким образом, если попытаться представить использование классической архитектуры клиент-сервер в решение поставленной задачи, то в роли сервера выступала бы каждая рабочая станция, а в роли клиента устройство администратора с которого ведется мониторинг. В вышеуказанном случае необходимо было бы предусмотреть открытие портов на рабочих станциях, а также обязательного наличия белого IP адреса на каждом устройстве, либо же обязательное наличие механизма NAT, что крайне проблематично.

Схематичное изображение решения поставленной задачи по архитектуре клиент-сервер изображено на рисунке 1 [1].

Поскольку реализация программного комплекса стала затруднительной по классической архитектуре, то было принято решение отойти от данной модели посредством введения промежуточного сервера, который располагается в офисе организации. В контексте данной работы обозначим такую архитектуру агент-серверной.

Как уже отмечалось выше, агент-серверная архитектура базируется на введении промежуточного сервера, но также, данная архитектура подразумевает инициирование соединения рабочей станцией с сервером. Таким образом, получается, что каждая рабочая станция сама устанавливает соединение с сервером и посредством данного соединения производится двухсторонний обмен данными. Визуализация данных происходит

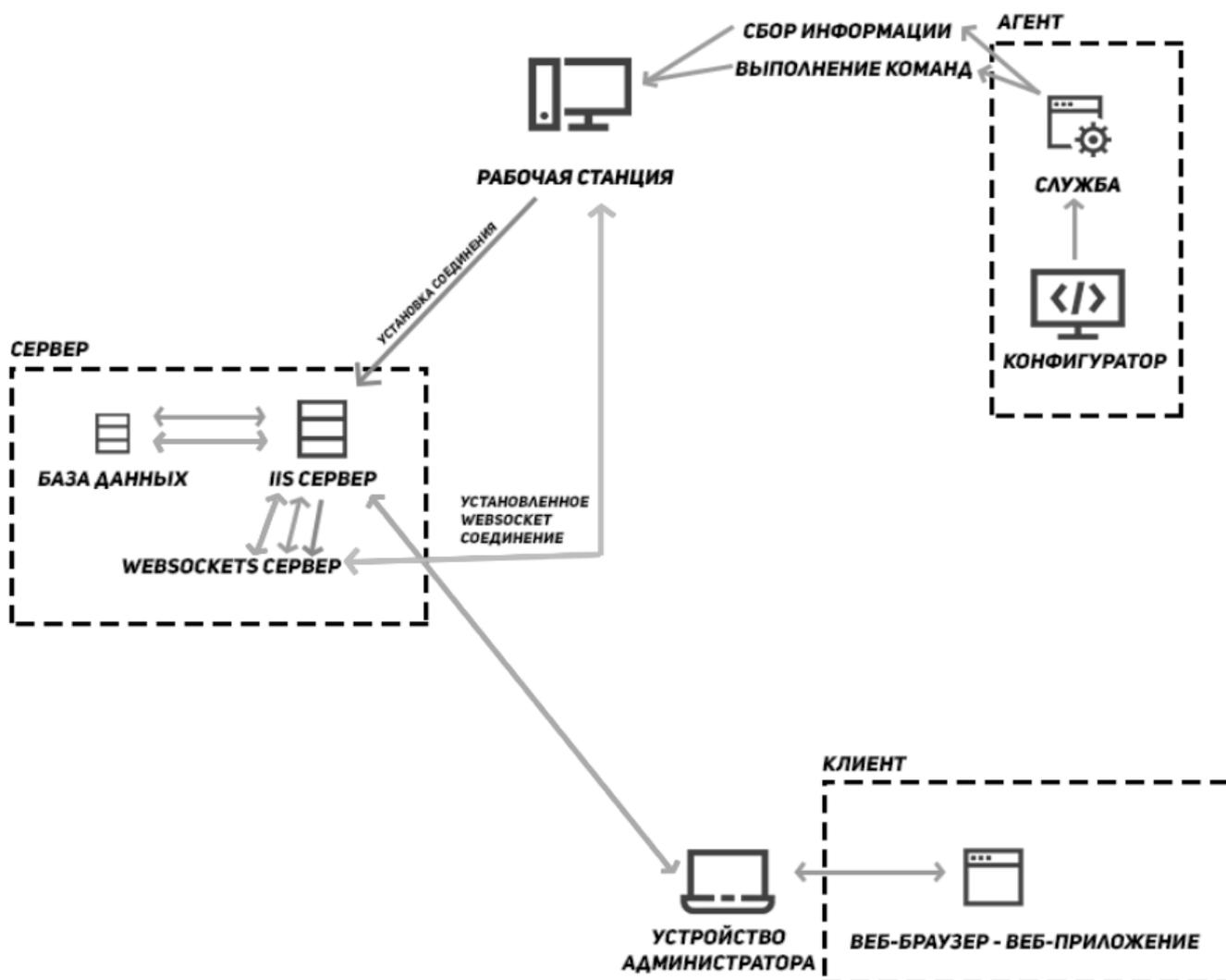


Рис. 3. Архитектура программного комплекса

на стороне администратора, который также подключается к выделенному серверу.

Таким образом, в архитектуру «агент-сервер» входят: сервер, агент, клиент.

Под сервером, как уже отмечалось ранее, подразумевается центральный офис, отвечающий за сбор, хранение и анализ информации.

Агентом, в нашем случае, называется специализированное ПО, устанавливаемое на рабочих станциях, на которых требуется выполнять мониторинг. Агент состоит из: зарегистрированным в качестве служба приложением и конфигуратором для него. Применение служб в решение данной задачи обусловлено тем, что пользователь не может вмешаться в ее работу. Остановить службу без разрешения также невозможно. Важно

отметить, что служба имеет возможность запускаться автоматически при загрузке ОС, до входа пользователя в систему.

Под клиентом в данной архитектуре понимается рабочая станция администратора, который инициирует соединение с сервером и получает от него данные мониторинга.

Спроектированная архитектура представлена на рисунке 2.

Также, как можно заметить из рисунка 2, что спроектированная архитектура позволяет обходить возможные ограничения брандмауэра, что полностью решает вышеуказанные трудности при использовании классической архитектуры, включая наличие белых IP адресов и возможного закрытия портов.

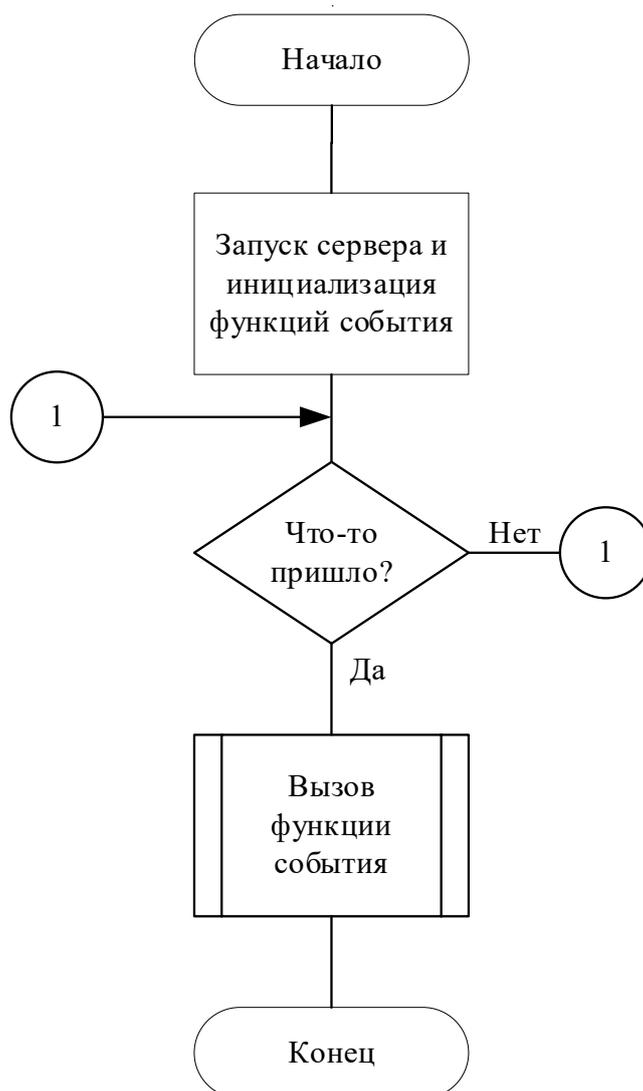


Рис. 4. Блок-схема реализации Websocket сервера

Поскольку разработанный программный комплекс имеет сложную структуру и состоит из нескольких модулей, то для начала его разработки следовало составить схему и разделить на данной схеме несколько основных выполняемых модулей, каждый из которых отвечает за своей определенный набор функционала.

Разработанная архитектура программного комплекса приведена на рисунке 3.

Как можно видеть из приведенного выше рисунка, реализация передачи данных по Websocket не только позволяет в реальном времени отправлять и получать данные, но и избегать излишней нагрузки на сеть [2].

Стоит отметить, что Websockets соединение начинается с HTTP запроса, чтобы обеспечить полную под-

держку устаревших решений, а в дальнейшем работает поверх TCP на прикладном уровне по модели OSI. Агент отправляет запрос на сервер и, если сервер поддерживает протокол WebSockets, то отправляется ответ, в котором он перезаписывает заголовок соединения. С этого момента выполняется соединение на основе WebSockets [2].

Реализация Websocket сервера производилась с помощью PHP библиотеки workerman. Данная библиотека уже имеет поддержку создания Websocket сервера и полную поддержку соединений. Рассмотрим следующую блок-схему реализации Websocket сервера с помощью вышеуказанной библиотеки (рисунок 4).

Немаловажную роль играют функции, вызов которых происходит, когда на сервер приходит какое-ли-

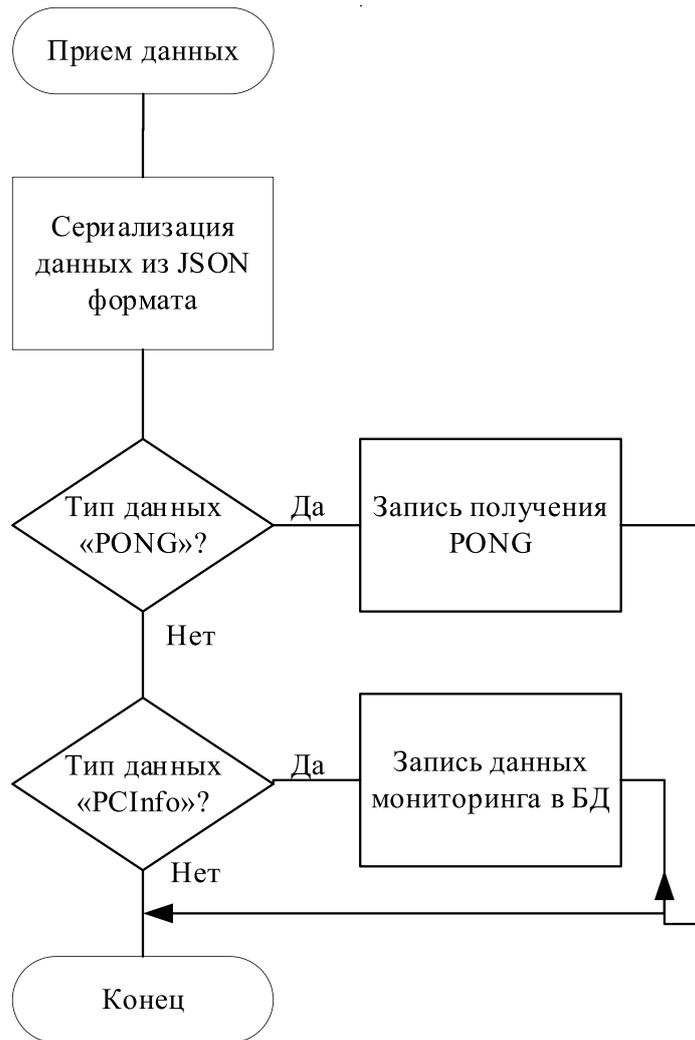


Рис. 5. Блок-схема реализации функции «onMessage»

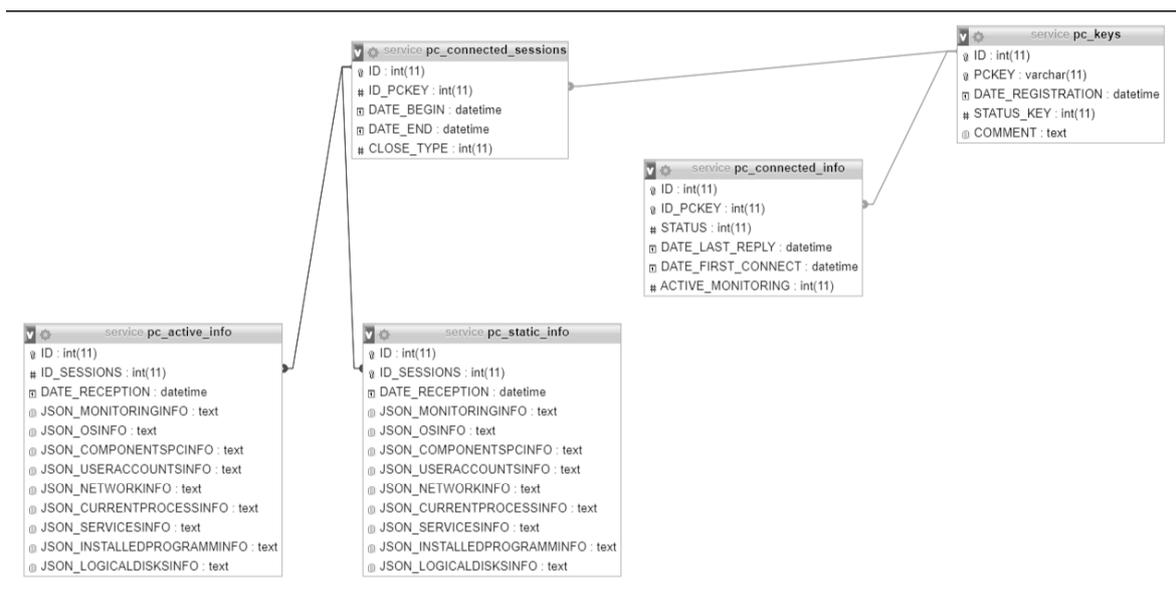


Рис. 6. ERD схема базы данных

бо сообщение. Рассмотрим такую функцию. Функция «onMessage» вызывается, когда на сервер по установленному соединению приходят какие-либо данные от агента, а в теле функции происходит считывание типа данных, и в зависимости от типа происходит, например, запись в базу данных либо отправка PONG сигнала [4].

Алгоритм работы данной функции, представленный в виде блок-схемы, изображён на рисунке 5.

Также на сервере была реализована база данных под управлением СУБД MySQL [4]. ERD схема базы данных приведена на рисунке 6

Таким образом, разработан программный комплекс, позволяющий выполнять мониторинг рабочих станций в локальных сетях различных архитектур, удовлетворяющий заявленным выше требованиям. имеющий преимущества перед распространенными на рынке аналогами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Таненбаум Э. Современные операционные системы, 4-е издание / Таненбаум Э., Бос Х. — СПб.: Питер, 2018—1120 с.
2. Хокинс С. Администрирование Web-сервера Apache и руководство по электронной коммерции / Хокинс С. — М.: Вильямс, 2011. — 336 с.
3. Линн С. Администрирование Microsoft Windows Server 2012 / Линн С. — М.: Орелли, 2014—304 с.
4. Прайс М. C# 7 и .NET Core. Кросс-платформенная разработка для профессионалов / Прайс М. — СПб.: Питер, 2019—640 с.

© Андрюхин Александр Гаврилович (pr1110@list.ru),

Грачев Николай Николаевич (nngachev@mail.ru), Львов Никита Сергеевич (lvov_ns@outlook.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МИРЭА — Российский технологический университет

ЛОГИСТИКА УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

INVENTORY MANAGEMENT LOGISTICS IN A MACHINE-BUILDING ENTERPRISE

V. Antipenko
N. Babich
M. Babich
L. Kasimenko

Summary. Over the years of operation, machine-building enterprises often accumulate surplus reserves of resources, both initial material resources and finished products, which lie in warehouses, morally and physically become obsolete, losing their value, and actually freeze the funds invested in them. The problem of logistics arises — the problem of increasing the efficiency of stock management systems for spare parts for special-purpose vehicles by building models, their algorithms and optimization. Lack of stocks can disrupt the stability of production, lead to downtime and losses. Excessive stock leads to higher production costs and worsens economic performance. Therefore, there is a certain cost-optimal level of stock. It is a typical logistical challenge to find the optimal combination of these conflicting requirements. Published data show that there is a gap between theory and practice of inventory management. Therefore, the main problem of optimizing inventory levels is to find such a level that would provide economic efficiency and continuity of the production process with the minimum required level of inventory at the enterprise. We restrict ourselves to considering the theory of inventory management in warehouses of production systems.

Keywords: logistics, stock, strategy, stochastic mathematical model, criterion, algorithm, optimization.

Антипенко Виталий Сафронович
Д.т.н., профессор, Российский университет
транспорта (МИИТ)
antipenkovs7@mail.ru

Бабич Николай Сергеевич
Аспирант, Российский университет транспорта
(МИИТ)

babichnikolay35@gmail.com

Бабич Михаил Денисович
К.ф.н., Российский университет транспорта (МИИТ)
babich_a@inbox.ru

Касименко Лидия Михайловна
К.ф.-м.н., доцент, Российский университет
транспорта (МИИТ)
kasimenkolm@mail.ru

Аннотация. На предприятиях машиностроения, за годы работы нередко накапливаются излишние запасы ресурсов, как исходных материальных ресурсов, так и готовой продукции, которые пролеживают на складах, морально и физически устаревают, теряя свою стоимость, и фактически замораживают вложенные в них средства. Возникает проблема повышения эффективности систем управления запасами запасных частей для машин специального назначения, путем построения моделей, их алгоритмизации и оптимизации. Отсутствие запасов может нарушить устойчивость производства, привести к простоям и убыткам. Избыточный запас приводит к удорожанию производства, ухудшает экономические показатели. Следовательно, существует некоторый оптимальный по затратам уровень запаса. Это типичная задача логистики — найти оптимальное сочетание указанных противоречивых требований. Опубликованные данные показывают, что имеет место разрыв между теорией и практикой управления запасами. Поэтому главная проблема оптимизации уровней запасов заключается в нахождении такого их уровня, который позволял бы обеспечить экономическую эффективность и бесперебойность процесса производства при минимально необходимом уровне запасов у предприятия. Ограничимся рассмотрением теории управления запасами на складах производственных систем.

Ключевые слова: логистика, запас, стратегия, стохастическая математическая модель, критерий, алгоритм, оптимизация.

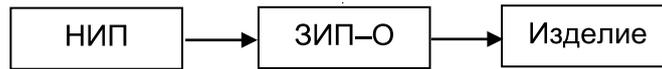


Рис. 1. Одноуровневая линейная структура системы обеспечения изделия одиночным комплектом ЗИП, где: НИП—неисчерпаемый источник пополнения запасов; ЗИП-О — одиночные комплекты ЗИП

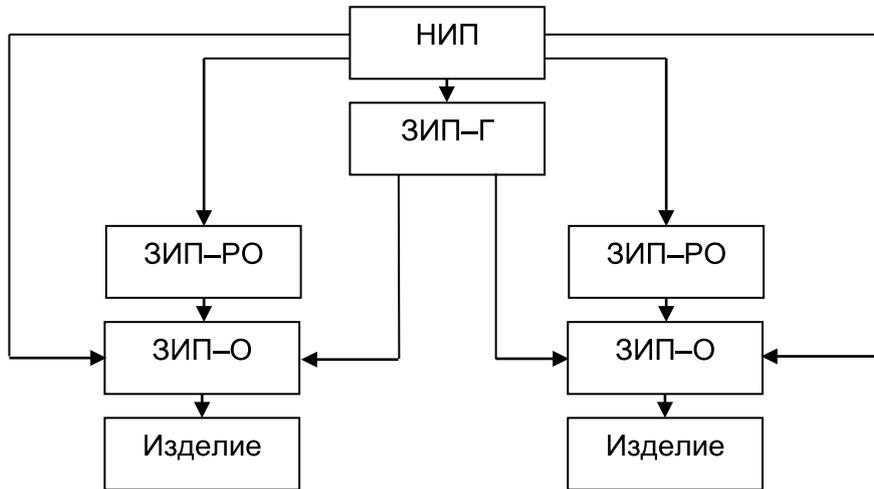


Рис. 2. Трёхуровневая структура обеспечения изделий с восстановлением элементов ЗИП-О, где: ЗИП-РО — комплект ЗИП для ремонтного органа.

В развитых странах Европы, США и Японии «...доля продукции товародвижения составляет более 20% валового национального продукта. При этом структура таких расходов из указанной части объема ВВП следующая:

- ◆ на издержки на содержание запасов сырья, материалов, полуфабрикатов, готовой продукции — 44%,
- ◆ на складирование и экспедирование — 16%,
- ◆ на магистральные перевозки грузов — 23%,
- ◆ на технологические перевозки грузов — 9%,
- ◆ на организацию сбыта готовой продукции — 8%.»

По опубликованным данным, «... в западных странах и Японии расходы на материально-техническое обеспечение и транспортировку составляют 30–40% стоимости конечного продукта. Почти половина этих расходов приходится на хранение и содержание запасов материальных ресурсов». Существенное снижение уровня запасов обеспечит повышение конкурентоспособности продукции [1,2,5–7,12,13].

При построении математических моделей системы управления запасами (СУЗ) предпочтение отдаётся стохастическим моделям, как наиболее адекватным реальным условиям функционирования сложных технических производственных систем. Согласно большинству

опубликованных в последнее время работ в моделях управления запасами можно выделить следующие элементы: спрос — динамика расхода запаса на складе предприятия, величина заказа на пополнения запаса на складе и время задержки выполнения заказа. Спрос обычно носит случайный характер, причём функция плотности распределения вероятностей (ФПРВ) требуемых значений априори неизвестна, не говоря уже о численных значениях её параметров. Заявки на пополнение склада выполняются со случайным временем задержки, причём о ФПРВ времени задержки, как правило отсутствует информация не только о её параметрах, но и о принадлежности к тому или иному классу. Функции распределения спроса и времени задержки априори произвольны и неизвестны, и зачастую не унимодальные. Важное значение имеет как величина заказа, так и момент его запроса. В этих условиях, естественно, воспользоваться современными методами информационных технологий, в частности, алгоритмами стохастической аппроксимации. Рассматривается работа системы управления запасами запасных частей на предприятии автостроения. Это типичная задача логистики, и для оптимизации уровня запаса используются технико-экономические характеристики объектов управления и наиболее гибкая стратегия управления запасами (УЗ) из класса простейших — (s, S) стратегия [1,2], с применением методов стохастической

аппроксимации [3,4] для установления оптимальных значений уровней s и S .

Опубликованные работы [5–7] показывают, что имеет место разрыв между теорией и практикой управления запасами. Поэтому главная проблема оптимизации уровней запасов заключается в нахождении такого их уровня, который позволял бы обеспечить экономическую эффективность и бесперебойность процесса производства при минимально необходимом уровне запасов у предприятия. [8–13]

В качестве стратегии управления запасами выбрана (s, S) — стратегия, как наиболее гибкая из класса простейших [1], со случайным спросом и случайным временем задержки [1,3].

Построенная авторами модель СУЗ с использованием (s, S) — стратегии на основе стохастических методов [3], позволила оптимизировать s, S — уровни запасов инструментов и принадлежностей (ЗИП) на складе предприятия. На рисунках 1 и 2 представлена, как одноуровневая, так и 3-х уровневая система обеспечения отдельных изделий одиночными комплектами ЗИП–О из завода, склада, базы и т.п., ограниченность которых не учитывается при расчете показателей уровня комплекта ЗИП данного изделия.

В модели работы склада учитываются основные виды затрат:

1. функции h -затраты на хранение, зависящие от уровня запаса, d - затраты на дефицит, c -затраты на пополнение уровня запаса; указанные виды затрат зависят соответственно от уровня запаса u , динамики случайного спроса x , величины дефицита и величин поставляемых партий запасов;
2. учитывается стохастичность априорной информации о запасах, спросе, времени задержки пополнения запаса, рассматриваются текущие затраты и математическое ожидание величины суммарных затрат.
3. предполагая существование эффективных (s, S) значений в качестве критерия эффективности, построен функционал качества $I(s, S)$ (формула (1), где (s', S') набор текущих фактических значения. Указанные выше виды затрат зависят соответственно от уровня запаса u , динамики случайного спроса x , величины дефицита и величины поставляемых партий.

Критерий эффективности имеет смысл среднеквадратичного отклонения затрат при случайных фактических значениях уровней (s', S') , от затрат при искомым оптимизируемых значениях уровней (s, S) [1–4]:

$$I(s, S) = M_{s', S'} \{ [z(s', S') - z(s, S)]^2 \} \rightarrow \min_{s, S} \quad (1)$$

В системе с мгновенными поставками дефицит возможен только при $s < 0$. Если в системе существует задержка, то и при $s > 0$ может появиться дефицит. В работе рассмотрены и другие иерархические структуры системы управления запасами (СУЗ) запчастей и принадлежностей (ЗИП).

Известно, что в рамках (s, S) -стратегии при $y \geq s$ система не реагирует на спрос, а при $y < s$ посылается заказ на пополнение запаса в размере $(S - y)$, который при нулевой задержке поступает «мгновенно» на склад.

Моделью с нулевым временем задержки можно пользоваться, если время доставки заказа на склад меньше интервала времени между двумя заявками. Здесь же рассматривается более общая СУЗ со случайным временем задержки доставки заказа. Неудовлетворенные заявки не покидают систему, а ждут, пока дефицит запаса не будет устранен очередной поставкой. Все исследование проводится для дискретного спроса.

На рис. 3–5 приведены результаты вычислений s и S для различных объектов ЗИП на предприятии. Соединенные значения отвечают оптимальной стратегии управления запасами выбранных объектов.

$$S[p] = S[p - 1] - \gamma_1[p] [Z(s'[p], S'[p]) - Z(s[p - 1], S[p - 1])] * \frac{\partial z}{\partial S}(s[p - 1], S[p - 1]) \quad (2)$$

$$s[p] = s[p - 1] - \gamma_2[p] [Z(s'[p], S'[p]) - Z(s[p - 1], S[p - 1])] * \frac{\partial z}{\partial s}(s[p - 1], S[p - 1]) \quad (3)$$

Искомые оптимальные значения (s, S) доставляют $\min I(s, S)$ критерию качества (формулы (2) и (3)).

Учитывая, что функции плотности распределения вероятностей (ФПРВ), как спроса, так и времени задержки, произвольны и априори не известны и не заданы в аналитическом виде, а их установление и обоснование является самостоятельной задачей, выходящей за рамки данной работы, и задача является существенно нелинейной, воспользуемся методами стохастической аппроксимации, оценивая искомые значения уровней (s, S) . При этом потребуются вспомогательные соотношения, моделирующие динамику уровня запаса (формула (4)), средние затраты (формулы (5–6)) и оценку значения целевого функционала методами же стохастической аппроксимации (формула (7)).

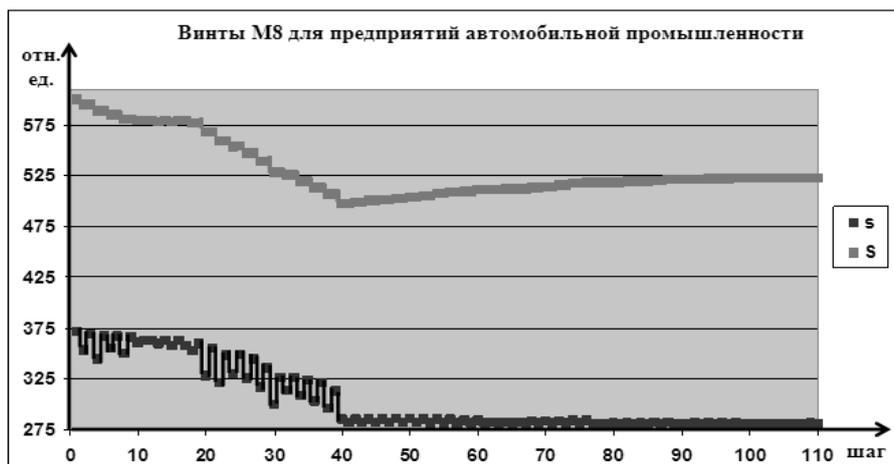


Рис. 3. График изменения уровней s, S запаса винтов M8 на складе предприятия автомобильной промышленности в процессе вычислений

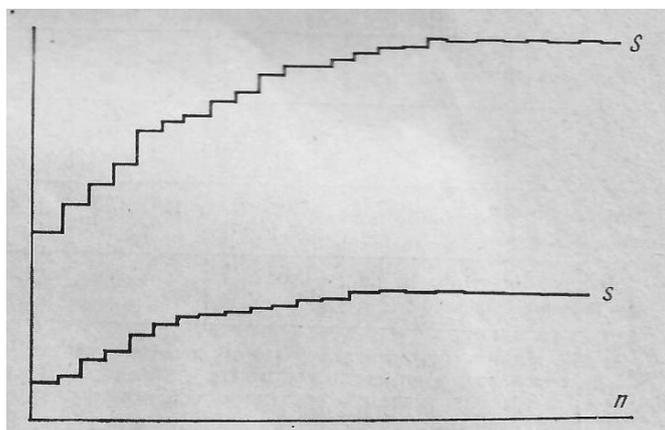


Рис. 4. График изменения уровней s, S (в относительных единицах по оси ординат) в функции от номера шага вычисления n на ЭВМ для запаса сверл $d=1,8$ мм

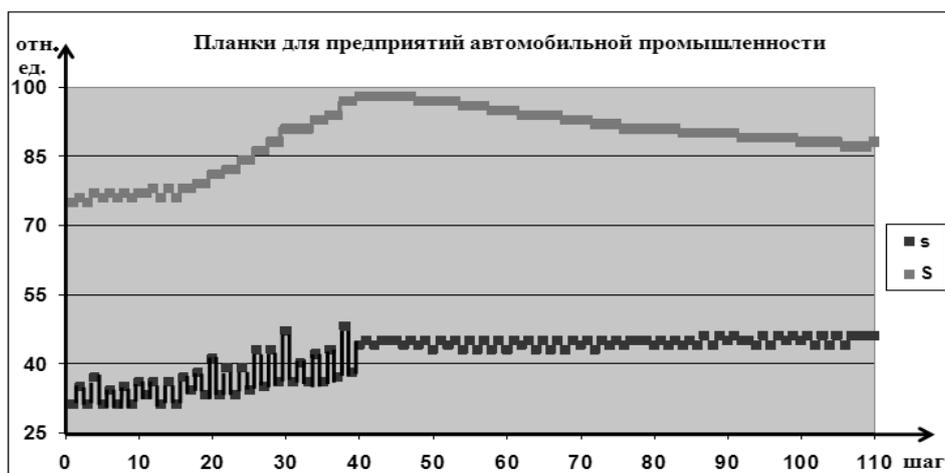


Рис. 5. График изменения уровней s, S запаса планок на складе предприятий автомобильной промышленности в процессе вычислений

Коэффициенты γ_i влияют на характер и скорость сходимости соответствующего рекуррентного соотношения. Их выбору посвящен большой объем литературы, они построены с учётом условий сходимости: (с одной стороны они должны уменьшаться, чтобы не проскочить экстремум, а с другой стороны должны уменьшаться не слишком сильно, чтобы за разумное время достигнуть экстремума[3]).

Динамика текущего уровня запасов описывается уравнением:

$$y_k(x[q], m) = y_{k-1}(x[\beta], m_{k-1}) + (S - y_{k-1}(x[\beta], m_{k-1})) * \text{sgn}(s - y_{k-1}(x[\beta], m_{k-1}) - x[q]\varepsilon_k(x[q])) \quad (4)$$

Средние затраты характеризуются выражением

$$Z_q = M_x\{Z(s, S)\} \quad (5)$$

и оцениваются рекуррентным соотношением

$$Z_q(l, L) = Z_{q-1}(l, L) - \gamma_3[q]\{h(y(x[q], m)) + d(-y(x[q], m))\text{sgn}(y(x[q], m) + c(S - y(x[q], m))\text{sgn}(s - y(x[q], m)) - Z_{q-1})\} \quad (6)$$

Оценка значений критерия качества (целевого функционала) также рекуррентным соотношением

$$I_n = I_{n-1} - \gamma_4[n]\{[Z(s'[n], S'[n]) - Z(s[p], S[p])]^2 - I_{n-1}\} \quad (7)$$

Предлагаемая система управления запасами работает лишь с двумя уровнями запасов — минимальным s и максимальным S , чему она и обязана своим названием.

Приводим некоторые практические примеры применения рассмотренной математической модели оптимизации уровней запасов на ряде объектов:

В процессе вычислений в двух последних примерах учитывались затраты на организацию заказа, доставки, дефицит. Соответствующие стоимостные функции — линейные. Последнее не является принципиальным ограничением, а связано с особенностью рассматриваемых объектов. Модель работает для практически достаточно сложных стоимостных функций. Приведенные примеры являются иллюстрацией эффективности предложенной математической модели управления запасами в технических системах.

В изложенной постановке удаётся получить решение указанного класса задач, причём:

1. отпадает необходимость в учёте временного распределения спроса, что существенно сокращает трудоёмкость сбора информации и дальнейших вычислений;
2. количество стоимостных функций можно увеличить, не меняя схемы решения;
3. можно решать задачи и для нелинейных стоимостных функций;
4. метод можно применять и к другим стратегиям управления запасами, в частности для случая изменяющихся s, S от периода к периоду;
5. использование адаптивного подхода освобождает от необходимости предварительной обработки информации; позволяет получать решение в более широком классе функций по сравнению с аналитическим подходом; приводит к оптимальным решениям при статистически малом объёме информации, что важно в конкретных ситуациях, когда функционирование систем в режиме, далёком от оптимального, обходится недёшево; удобно для применения на ЭВМ, т.к. решение получается в виде рекуррентных соотношений.

Проблема оптимального управления запасами — как одна из проблем логистики, далека от своего завершения. В каждом отдельном случае нужно выбирать соответствующую наиболее подходящую стратегию управления запасами, и строить математическую модель СУЗ. Одной из наиболее удачных стратегий управления запасами является (s, S) стратегия из класса простейших.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рыжиков Ю.И., Теория очередей и управление запасами. 2001, СПб., «Питер», 384с.
2. Рыжиков Ю.И., Численные методы теории очередей. 2019, М., «Лань», 512с.
3. Цыпкин Я.З., Информационная теория идентификации, М., Наука, 1995, 336 с
4. W.Feller, An introduction to probability theory and its applications volume 1,2. Third Edition, New York, 1970.
5. Bertazzi L., Paletta G., Speranza M.G. Deterministic Order-Up-To Level Policies in an Inventory Routing
6. Fumero F., Vercellis C. Synchronized Development of Production, Inventory and Distribution Schedules // Transp. Science. — 1999. — 33 (3). — P. 330–340

7. Бауэрсокс Доналд Дж., Клосс Дейвид Дж. Логистика интегрированная цепь поставок. 2-е изд. М.: ЗАО Олимп-Бизнес, 2008 г. — 640 с. Пер. с англ. Н.Н. Барышниковой, Б.С. Пинскера.
8. Внедрение электронного управления цепями поставок (E-SCM). Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», журнал «Логистика и управление цепями поставок», № : 4 (75) Год: 2016 Страницы: 41–51, ISSN: 2587–6775
9. Управление производством на базе стандарта MRP II, Гаврилов Д.А. 2008, 416с.
10. М. Кристофер. Логистика и управление цепочками поставок. 320с. 2004 г.
11. Логистика. Теория и практика. Основные и обеспечивающие функциональные подсистемы логистики., в 2ч. Ред. Аникин Б.А., Родкина Т.А., 2014 г., 603с.
12. Сток Дж.Р., Ламберт Д.М. Стратегическое управление логистикой. Пер. с 4-го англ. изд. — М.: ИНФРА-М, 2005, XXXII. — 797 с
13. Waters D. Global Logistics New directions in supply chain management / D. Waters., S. Rinsler CPI Group (UK), 2014. — 78 p

© Антипенко Виталий Сафронович (antipenkovs7@mail.ru), Бабич Николай Сергеевич (babichnikolay35@gmail.com),
Бабич Михаил Денисович (babich_a@inbox.ru), Касименко Лидия Михайловна (kasimenkolm@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российский университет транспорта (МИИТ)

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЁТКИХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ СИНХРОНИЗАЦИИ ПС И ФГОС 3++

COMPETENCE ASSESSMENT MODEL BASED ON FUZZY LOGIC ALGORITHMS FOR FGOS3++ AND PS SYNCHRONIZATION

O. Astashina

Summary. The article covers the method of competencies assessment in terms of fuzzy logic theory. Such linguistic variables as «indicator mark», «competence mark» are described. Stages of phasification, fuzzy inference, dephasification are laid down. To obtain the final competence mark fuzzy inference algorithms are introduced. Mamdani and Sugeno algorithms are used to calculate competence mark. Competence assessment model serves to be the core element synchronizing data from FGOS3++, professional standards, labor market with academic achievements. Technological foresight of competencies is an instrument for updating competence data bases.

Keywords: linguistic variable, MISO, fuzzy algorithms, TFC.

Асташина Ольга Владимировна

Старший преподаватель, Рязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина
astashina.ol@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрен метод оценки компетенций на базе теории нечётких множеств. Введены и описаны лингвистические переменные «оценка индикатора» компетенций и «оценка компетенций». Обозначены этапы фазификации, нечёткого логического вывода, дефазификации. Предложены алгоритмы нечёткого вывода для получения итоговой оценки за компетенцию. В частности, представлены алгоритмы Мамдани и Сугено для вычисления оценок за компетенцию. Модель оценки компетенций представлена как ядро, синхронизирующие данные ФГОС 3++, профессиональных стандартов, рынка труда и результатов вузовского образования. Технологический форсайт компетенций (ТФК) выступает инструментом актуализации баз данных компетенций.

Ключевые слова: лингвистическая переменная, MISO, нечёткие алгоритмы, ТФК.

Введение

Проблема «оторванности» вузовского образования от реальных трудовых процессов должна решаться за счёт синхронизации федеральных образовательных стандартов, профессиональных стандартов и потребностей рынка труда. Компетенции — это элемент, связующий рынок труда и сферу образования. Синхронизацию взаимодействия сферы высшего образования (ВО), рынка труда и профессиональных стандартов (ПС) следует закладывать на базовом уровне — уровне оценки компетенций. Представителям рынка труда важно не только участвовать в формировании целевых ориентиров обучения (компетенций) но и принимать непосредственное участие в их оценке.

В ФГОС 3++ декомпозиция компетенций через введение индикаторов компетенций даёт возможность оценить не знания по дисциплинам и практикам, а, за счёт введения лингвистических переменных [1], компетенцию как таковую.

В статье предложена модель оценки компетенций на базе нечётких алгоритмов. Модель оценки компетенций встроена в алгоритм отбора, формирования и адорнации компетенций ФГОС 3++ и ПС, осуществля-

ющихся с помощью технического форсайта компетенций (ТФК) и предполагает участие студентов, преподавателей и представителей рынка в процедуре оценки.

Метод оценки компетенций

Компетенции — нечёткие по своей природе понятия, были детализированы в стандартах ФГОС 3++ благодаря введению индикаторов компетенций.

В терминах нечёткой логики «Оценка индикаторов компетенций» и «оценка компетенций» можно описать с помощью представления их в виде лингвистических переменных.

Пусть некая компетенция ПК 1 имеет 3 индикатора (Id_1, Id_2, Id_3), за которые выставляются реальные баллы (от 1 до 5) в ходе изучения академических дисциплин и прохождения практик. Дисциплины и практики, участвующие в формировании ПК 1 изучаются и, соответственно, оцениваются в разные временные периоды (см. Рисунок 1).

С целью получения объективного результата оценки в процедуре оценивания принимают участие внутренние эксперты (O_i) (преподаватели), внешние эксперты

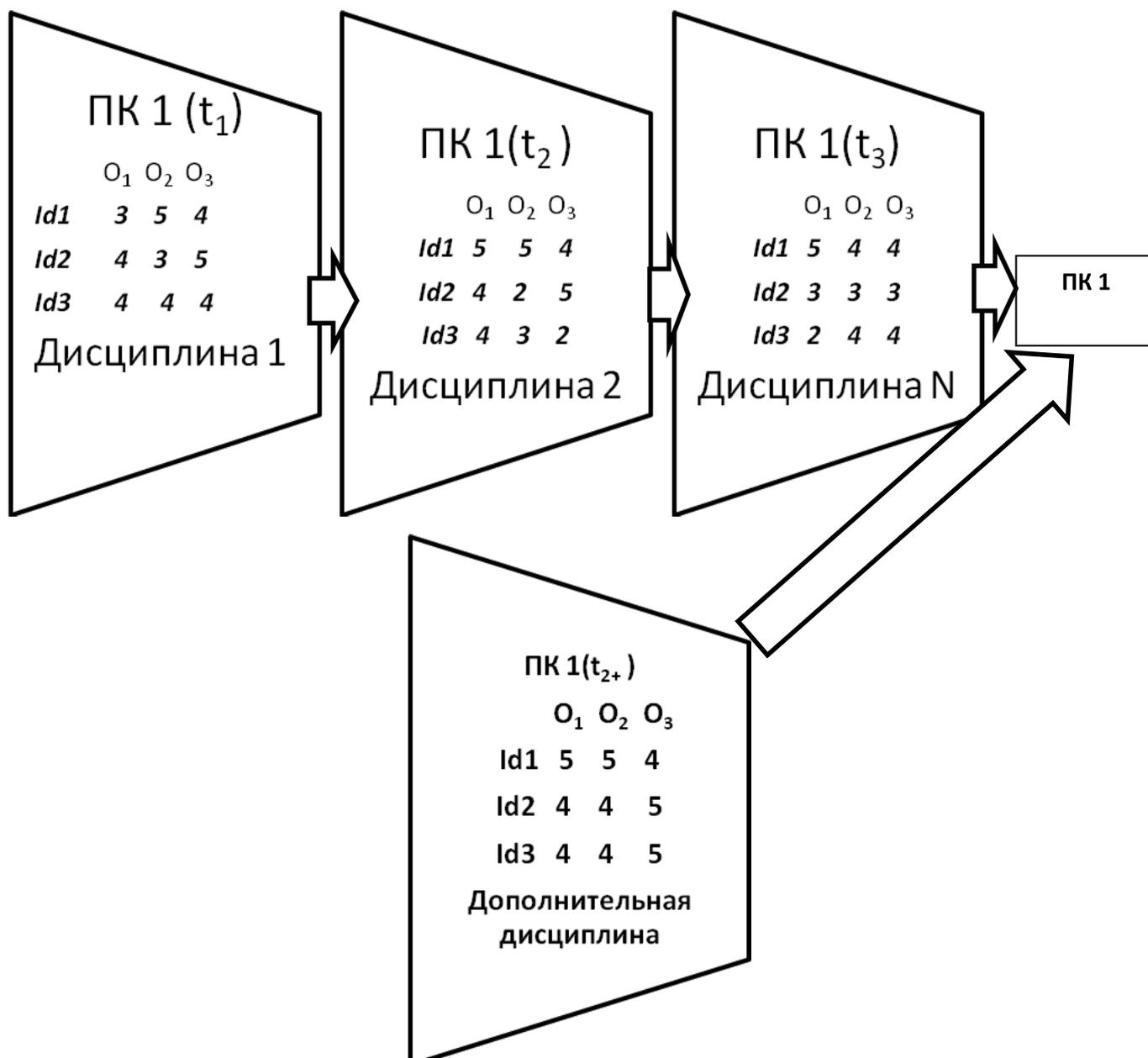


Рис 1. Модель автоматизированной оценки компетенций

(O_2) (эксперты-практики), а также сам студент (O_3) (самооценка). Таким образом, реализуется модель оценки полного цикла.

В момент времени, когда выставляется оценка за последний индикатор по дисциплине, автоматически формируется оценка, показывающая уровень (оценку) сформированности компетенции ПК1(t_i) в данный период времени.

«Оценка индикатора» компетенций выступает нечёткой лингвистической переменной. Лингвистиче-

ская переменная отличается от числовой переменной тем, что ее значениями являются не числа, а слова или предложения в естественном или формальном языке [1, с.70].

Последняя оценка, выставляемая за последний индикатор, формирующий компетенцию, и есть оценка за компетенцию ПК 1.

Эта методика позволяет студентам самостоятельно отслеживать свои учебные достижения. В случае, если наступает момент, когда студент понимает, что оценки

Таблица 1. База правил для системы типа Мамдани

		Средняя оценка первого индикатора		
		G_1	G_2	G_3
Средняя оценка второго индикатора	G_1	G_1	G_2	Gc_3
	G_2	G_2	G_3	Gc_4
	G_3	G_3	Gc_3	Gc_5

по индикаторам низкие, у него появляется возможность пройти дополнительный курс и получить за него дополнительные баллы.

Алгоритмы нечёткого вывода

Для получения оценки за компетенцию, используя методы нечеткой логики, необходимо синтезировать систему нечеткого вывода. Входными параметрами системы будут являться средние оценки по дисциплинам, принадлежащим индикаторам компетенции. Выходным параметром будет оценка за компетенцию. Следовательно, система будет иметь тип MISO (Multi Inputs — Single Output), много входов — один выход) [2, с. 105].

Так как для всех индикаторов оценка может принимать одни и те же значения в интервале от трех до пяти, то входные лингвистические переменные будут иметь одни и те же термы.

Опишем лингвистическую переменную «Оценка индикатора». Она будет иметь следующие термы: $G_1 = \text{tr} [3, 3, 4]$ — три, $G_2 = \text{tr} [3.5, 4, 4.5]$ — четыре, $G_3 = \text{tr} [4, 5, 5]$ — пять, где $\text{tr} [a, b, c]$ — треугольная функция принадлежности, имеющая носитель $[a, c]$ и ядро в точке b .

Опишем лингвистическую переменную «Оценка компетенции». Она будет иметь следующие термы: $Gc_1 = \text{tr} [3, 3, 4]$ — три, $Gc_2 = \text{tr} [3, 3.4, 4]$ — между три и четыре, $Gc_3 = \text{tr} [3.5, 4, 4.5]$, $Gc_4 = \text{tr} [4, 4.6, 5]$ — между четыре и пять, $Gc_5 = \text{tr} [4, 5, 5]$.

Алгоритм получения оценки за компетенцию следующий.

1. Вычисление оценки индикатора Id_j , как среднее из всех оценок за дисциплины этого индикатора

$$Id_j = \sum_{k=1}^n g_k^j,$$

где g_k^j — оценка за дисциплину k индикатора j .

2. Фаззификация. Определение степени выполнения нечетких правил как

$$\alpha_i = \min \left(\bigcup_{\xi=1}^p \widetilde{G}_i(id_{\xi}) \right),$$

где p — количество индикаторов.

3. Нечеткий логический вывод.
4. Дефаззификация.

В случае использования нечеткого вывода Мамдани (Mamdani) [3, с. 58] база правил будет иметь вид:

$$\mathfrak{R} = \bigvee_{\zeta=0}^i \left(\bigwedge_{\xi=0}^p \widetilde{G}_i \right) \wedge \widetilde{Gc}_i.$$

Так как система имеет тип MISO, и каждая входная лингвистическая переменная имеет три терма, то количество правил будет 3^p .

Пусть количество индикаторов равняется двум. Определим базу правил для нечеткого вывода Мамдани.

Нечеткая оценка компетенции будет иметь вид:

$$\widetilde{Gc} = \bigvee_{i=0}^R (\alpha_i \wedge Gc_i),$$

где R — количество правил.

Дефаззификация выполняется по методу центра тяжести:

$$Gc = \frac{\sum_{x \in \text{supp}(\widetilde{Gc})} x \cdot \mu_{\widetilde{Gc}}(x)}{\sum_{x \in \text{supp}(\widetilde{Gc})} \mu_{\widetilde{Gc}}(x)}.$$

При использовании нечеткого вывода Сугено (Sugeno) [4] 0-го порядка лингвистическая переменная «Оценка компетенции» описывается не терм-множествами, а действительными числами. База правил будет выглядеть следующим образом:

$$\mathfrak{R} = \bigvee_{\zeta=0}^i \left(\bigwedge_{\xi=0}^p \widetilde{G}_i \right) \wedge Gc_i$$

Таблица 2. База правил для системы типа Сугено 0-го порядка

		Средняя оценка первого индикатора		
		G_1	G_2	G_3
Средняя оценка второго индикатора	G_1	3	3,4	4
	G_2	3,4	4	4,6
	G_3	4	4,6	5

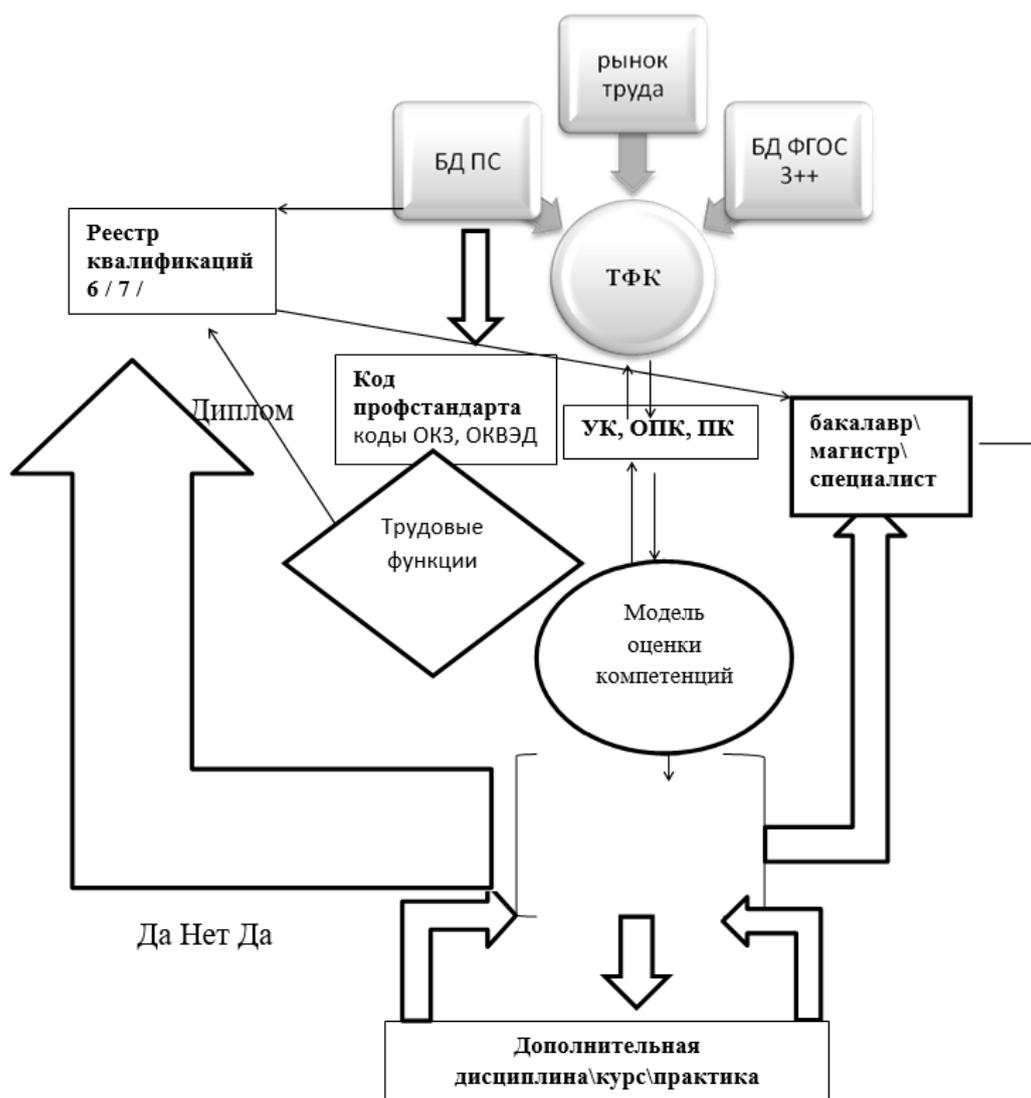


Рис. 2. Модель синхронизации ФГОС 3+, ПС, модель оценки компетенций

Оценка компетенции будет вычисляться по формуле:

$$G_c = \frac{\sum_{\zeta=0}^i \alpha_{\zeta} \cdot G_{c_{\zeta}}}{\sum_{\zeta=0}^i \alpha_{\zeta}}$$

Синхронизация ПС и ФГОС 3++

Модель оценки компетенций на базе нечётких алгоритмов — ядро, синхронизирующее данные ФГОС 3++, профессиональных стандартов и рынка труда.

Для преодоления «разрывов» между сферой труда и институтами высшего образования предложено

Электронный Диплом ВО



Трудовые действия	Создание задачи на разработку IT продукта
Необходимые умения	Планировать создание IT продукта
Необходимые знания	Теория процессов разработки программного обеспечения
Другие характеристики (Компетенции)	УК-1, УК-4, ПК-5, ОПК-3

Рис 3. Трудовые действия ПС и компетенции ФГОС 3++

применять методы технологического форсайта компетенций. Базы данных (БД) ПС и базы данных ФГОСов обновляются в ходе экспертных форсайт-сессий, вырабатывая актуальный набор компетенций. Форсайт-технологии используются для стратегического планирования и предполагают участие широкого экспертного сообщества как на национальном, так и на международном уровнях. Технологический форсайт компетенций (ТФК) соединяет в себе прогнозирование новых компетенций и адорнацию уже выработанных компетенций на основе технических методов (например, интеллектуального анализа данных). ТФК позволяет определить будущие потребности в компетенциях в контексте технологических изменений и инноваций [5].

В сфере бизнеса существуют российские цифровые платформы (BI Форсайт) [6] для интеллектуального анализа данных и решения задач бизнес-аналитики. Аналогичные цифровые форсайт-платформы обеспечат вузы, работодателей и прочих заинтересованных экономических агентов инструментами прогнозирования, формирования, адорнации компетенций. Источником для баз данных ПС и БД ФГОСов выступают системы оценки компетенций. В частности, модель оценки компетенций на базе нечётких алгоритмов решает вопросы формализации компетенций и синхронизируется с БД ПС и ФГОС 3++.

Модель синхронизирующая ПС, ФГОС 3++ и оценку компетенций в сфере образования представлена на Рисунке 2.

В диссертационных исследованиях, посвящённых автоматизации оценки компетенций [7] для определения ситуации на рынке труда предлагается использовать метод экспертного анализа компетенций, уже утверждённых ФГОС. Авторы фокусируются на экспертном определении весовых коэффициентов компетенций, учитывающих текущую ситуацию в той или иной отрасли. Экспертную функцию выполняют специалисты, занимающие руководящие должности. Такой под-

ход частично решает проблему синхронизации ПС, вузов, ФГОСов и рынка.

Компетенции в электронном дипломе должны быть синхронизированы с ПС и рынком труда. С этой целью в ПС предлагается вносить компетенции из ФГОСов.

Квалификация появляется автоматически в дипломе в момент, когда выставляется последняя оценка за последний индикатор компетенции в цикле изучаемых дисциплин.

В разделе трудовые функции ПС детально описаны трудовые действия, необходимые умения и знания и есть раздел "другие характеристики". В эту графу целесообразно добавлять набор компетенций, соответствующий данному уровню квалификации с целью автоматизировать процесс присвоения квалификации в дипломе.

Заключение

Универсализация процедуры оценки компетенций на базе нечётких алгоритмов способствует сближению сферы образования и рынка. Система оценивания индикаторов компетенций с целью получения реальной оценки за компетенцию упрощает оформление электронных зачётных книжек и электронных дипломов. В нормативных документах Минобрнауки [8] разработчикам ФГОС рекомендуется самостоятельно выбирать ПС, исходя из соответствия профессиональной деятельности будущих специалистов. Однако такой односторонний процесс не гарантирует релевантность набора профессиональных компетенций.

Синхронизация процессов на рынках труда и в образовательной сфере достигается за счёт внедрения регулярных форсайт-сессий по вопросам актуализации компетенций. Таким образом, отечественная система образования будет решать как вопросы нарастающей глобальной конкуренции за рынки и квалифицированных специалистов, так и задачи соответствия отечественных стандартов общемировым.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 168 с.
2. Ганина Я.О. Лаптев В.В. Нечеткая продукционная модель для оценки профессиональных качеств морских специалистов //Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика, 2016 <https://cyberleninka.ru/article/n/nchetkaya-produktsionnaya-model-dlya-otsenki-professionalnyh-kachestv-morskih-spetsialistov> Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/printsiyu-avtomatizatsiiotsenki-znaniy-pri-perehode-k-kompetentnostno-orientirovannoy-obrazovatelnoysisteme>. — Дата обращения: 27.12.2021.
3. Хижняков Ю.Н. Алгоритмы нечеткого, нейронного и нейро-нечеткого управления в системах реального времени: учеб. пособие. Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013. — 160 с.
4. Основы нечеткой логики: Учебно-методическое пособие к практическим занятиям и лабораторным работам / Д.Р. Григорьева, Г.А. Гареева, Р.Р. Басиров — Набережные Челны: Изд-во НЧИ КФУ, 2018. — 42 с.
5. Система поддержки проведения форсайт сессий для СПО. Режим доступа: <https://foresight.skolkovo.ru/> — Дата обращения: 27.12.2021.
6. Форсайт платформа Режим доступа: <https://www.fsight.ru/platform/> — Дата обращения: 27.12.2021.
7. Воробьев Е.В. Разработка комплексной, социально ориентированной системы управления образовательным процессом на основе компетентностного подхода: диссертация ... кандидата Технические наук: 05.13.10 / Воробьев Евгений Викторович; 2018. — 184 с.
8. Методические рекомендации по актуализации действующих ФГОС ВО с учётом принимаемых ПС (утв. министром образования и науки РФ 22 января 2015 г. № ДЛ-2/05вн). [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.consultant.ru>

© Асташина Ольга Владимировна (astashina.ol@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Рязань

ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

VIRTUAL LABORATORY OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

**A. Britan
L. Makukha
A. Sidorov
I. Pisarev**

Summary. The main purpose of the work is the development of virtual laboratory work, as well as the use of existing standards for electronic courses in order to integrate laboratory work into the learning process. Laboratory work is usually understood as an educational lesson in which an experiment is carried out that determines the receipt of a result aimed at mastering the fundamentals of engine theory by students. In the process of preparing and performing laboratory work, students in practice study the course of certain processes in internal combustion engines, investigate the phenomena occurring during the operation of the engine, based on the methods obtained during theoretical training, interpret the results determined during experiments with the theoretical postulates of the theory of engines. To implement these learning tasks when using real laboratory equipment, it is necessary to take into account the costs of purchasing both the most expensive equipment and the costs of operating this equipment and the necessary accompanying tools. Also, educational support personnel must have specialized knowledge, both in the field of engine theory, and carefully study and monitor the implementation of safety requirements when students work with real laboratory equipment.

Virtual labs developed using the approaches described in this article can be used in any electronic educational resources that support these standards. The purpose of this work is to develop three separate laboratory works using a similar set of equipment and tools, on the following topics: studying the speed characteristics of an internal combustion engine, determining the control characteristic by the ignition timing, and determining the control characteristic by the mixture composition.

Keywords: virtual laboratory, LMS Moodle, combustion engine, Unity, SCORM.

Британ Александр Александрович

ФГАОУ «Сибирский федеральный университет»
legenda.1011@mail.ru

Макуха Любовь Витальевна

Старший преподаватель, ФГАОУ «Сибирский
федеральный университет»
makuha_lv@mail.ru

Сидоров Анатолий Юрьевич

Старший преподаватель, ФГАОУ «Сибирский
федеральный университет»
asidorov@sfu-kras.ru

Писарев Илья Сергеевич

К.т.н., доцент, ФГАОУ «Сибирский федеральный
университет»
IPisarev@sfu-kras.ru

Аннотация. Основной целью работы является разработка виртуальных лабораторных работ, а также использование существующих стандартов для электронных курсов с целью интеграции лабораторных работ в процесс обучения. Под лабораторной работой обычно понимается учебное занятие, на котором реализуется эксперимент, определяющий получение результата, нацеленного на освоение студентами основ теории двигателей. В процессе подготовки и выполнения лабораторной работы студенты на практике изучают ход определенных процессов в двигателях внутреннего сгорания, исследуют явления происходящие в процессе работы двигателя, базируясь на методах, полученных при теоретическом обучении, интерпретируют результаты, определенные в ходе проведения экспериментов с теоретическими постулатами теории двигателей. Для реализации этих задач обучения при использовании реального лабораторного оборудования требуется учитывать затраты на приобретение как самого дорогостоящего оборудования, так и затраты на осуществление эксплуатации этого оборудования и необходимых сопутствующих инструментов. Также учебно-вспомогательный персонал должен обладать специализированными знаниями, как в области теории двигателей, так и внимательно изучать, и контролировать выполнение требований техники безопасности при работе студентов с реальным лабораторным оборудованием.

Виртуальные лабораторные работы, разработанные с помощью подходов, описанных в данной статье, могут быть использованы в любых электронно-образовательных ресурсах с поддержкой данных стандартов. Целью данной работы является разработка трех отдельных лабораторных работ, использующих схожий набор оборудования и инструментов, по следующим темам: изучение скоростных характеристик двигателя внутреннего сгорания, определение регулировочной характеристики по углу опережения зажигания, определение регулировочной характеристики по составу смеси.

Ключевые слова: виртуальная лаборатория, LMS Moodle, двигатель внутреннего сгорания, Unity, SCORM.

Анализ существующих решений

Проанализировав рынок программного обеспечения для реализации виртуальных лабораторных работ, рассмотрены ресурсы, которые позволяют пройти эксперимент непосредственно на самом сайте — VirtuLab [1], bilimland [2]; Данные онлайн-сервисы предоставляют лабораторные работы по предметам школьной программы, а также соответствующие им текстовые материалы.

Помимо онлайн-сервисов, которые предоставляют возможность проведения эксперимента непосредственно на сайте, существуют ресурсы поставляющие виртуальные лаборатории для интеграции их в дистанционную образовательную среду — professionalgroup [3], emaket [4]. Данные ресурсы позволяют приобрести электронную копию лабораторных работ, для последующего их использования в качестве обучающего материала.

Данные сайты предоставляют широкий выбор уже готовых виртуальных лабораторных работ по различным академическим предметам, как в двухмерном, так и в трёхмерном форматах графики:

В результате проведенного анализа сделаны следующие выводы:

- ◆ В качестве программной основы (“движка”) для лабораторных работ, которые были созданы с использованием стандартов электронного образования, и для дальнейшего интегрирования этих работ в среду дистанционного образования, использовали кроссплатформенную среду разработки игр Unity или Unreal Engine. Для лабораторных работ, которые можно пройти непосредственно на сайте, использовали язык разметки HTML или графическую библиотеку Lightweight Java Game Library.
- ◆ При отправке программным обеспечением виртуальной лабораторной работы данных на сервер, не указываются стандарты для реализации передачи данных. При интеграции программного обеспечения на сервер, одним из важнейших параметров является стандарт электронного образования. Некоторые стандарты требуют установки дополнительного программного обеспечения для электронной образовательной среды.
- ◆ Некоторые ресурсы без центра дистанционного образования не реализуют сбор результатов прохождения виртуальных лабораторных работ.

При разработке виртуальных лабораторных работ, описанных в данной статье, были учтены и устранены недостатки, основанные на некоторых выводах выше.

Проектирование виртуального лабораторного комплекса

Общая часть каждой из виртуальных лабораторных работ состоит из стенда с двигателем внутреннего сгорания, а также пульта управления. Данная установка была спроектирована с опорой на реально существующий лабораторный комплекс.

Виртуальный лабораторный комплекс состоит из 3 отдельных лабораторных работ, а также программы настройки этих работ. Каждая из лабораторных работ содержит в себе отдельный эксперимент, но при этом имеет схожую структуру, со всеми лабораторными работами.

Цели экспериментов для лабораторных работ:

- ◆ исследование влияния скоростного режима на эффективные показатели двигателя с искровым зажиганием, определение характерных скоростных режимов;
- ◆ получение характеристики для выявления зависимости мощностных и экономических показателей двигателя от угла опережения (запаздывания) зажигания и для определения оптимальных моментов подачи искры, при которых с наибольшей полнотой можно использовать тепло, полученное вследствие сгорания топлива на различных нагрузочных и скоростных режимах работы;
- ◆ выявление характера и степени влияния состава смеси на мощность и экономичность двигателя, определение целесообразных пределов изменения коэффициента избытка воздуха при регулировке карбюратора для заданного режима работы двигателя, снятие и обработка характеристики, обработка и анализ результатов.

Виртуальный лабораторный комплекс и пользователь

Взаимодействие компонентов любой из лабораторных работ и сервиса с дистанционной образовательной средой можно разделить на 3 основных составляющих (рисунок 1):

- ◆ Интерфейс — данный компонент включает в себя визуальную составляющую с лабораторным стендом в лаборатории, а также вопросы по завершению эксперимента для проверки пользователя.
- ◆ Плагин стандарта электронного образования — промежуточный компонент, основной целью которого, является получение данных из электронных образовательных ресурсов перед запуском виртуальной лабораторной работы, а также отправка данных с информацией о прогрессе обучающегося по результатам завершения лабораторной работы.

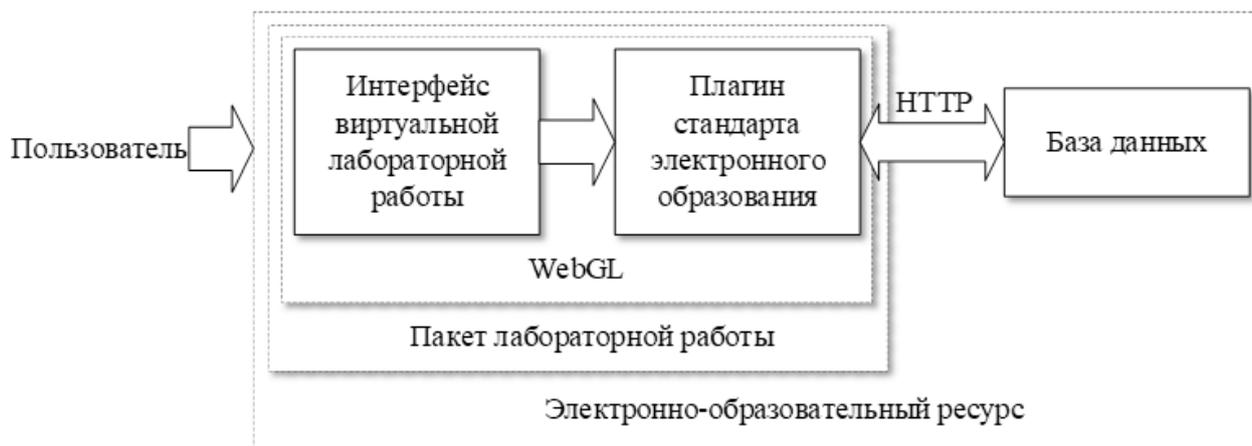


Рис. 1. Связь пользователя и электронно-образовательного ресурса с пакетом лабораторной работы

- ♦ База данных — в данный компонент входят плагины, позволяющие сервису иметь поддержку стандартов электронного образования, а также базы данных, хранящие информацию о пользователях и существующих ресурсах сервиса.

Порядок выполнения виртуальной лабораторной работы

В рамках реализации виртуального комплекса лабораторных работ необходимо разработать приложение, отвечающее за управление профилями данных для каждой отдельной лабораторной работы. Система сохранения и загрузки файлов необходима для наделения приложения минимально необходимым функционалом, а именно: возможность повторного использования с различными наборами данных.

После выполнения виртуальной лабораторной работы, пользователь должен ответить на дополнительные уточняющие вопросы для оценки приобретенных навыков после выполнения работы и правильной интерпретации полученных результатов работы с базовой теорией. В связи с этим, в программу необходимо внедрить модуль, позволяющий собирать информацию, полученную от пользователя для дальнейшей отправки её на сервер с электронной образовательной средой.

Описание созданного виртуального лабораторного комплекса

Интегрируя предыдущие противоречия, цели и условия сформулирована следующая задача, заключающаяся в необходимости разработки двух приложений:

- ♦ приложение с виртуальной лабораторной работой, которое также будет собирать информацию об ответах пользователя на вопросы;

- ♦ приложение, в котором будет осуществляться настройка параметров для виртуальной лабораторной работы.

Поставленная задача была решена путем разработки приложений, реализованных с использованием движка Unity3D в связи со следующими причинами:

- ♦ большое количество обучающих материалов;
- ♦ собственная площадка с разнообразными расширениями;
- ♦ поддержка кроссплатформенности.

Все объекты, представленные в виртуальной лаборатории, были созданы с помощью бесплатного графического редактора Blender.

Интеграция созданного приложения в электронную обучающую среду возможно с помощью стандартов электронного обучения. На данный момент существует несколько данных стандартов, а именно SCORM, xAPI и т.д.

Официальная разработка стандарта SCORM была завершена в 2009 году [5], но разработка других стандартов данного типа продолжается. На смену SCORM пришел стандарт xAPI (TinCan), который имеет ряд преимуществ перед своим предшественником. Основное отличие нового стандарта состоит в том, что он отправляет статистику на сторонний сайт — базу данных. SCORM полученную информацию отправляет непосредственно в сам курс, в котором находится. На данный момент лидирующее место по использованию по-прежнему занимает стандарт SCORM [6]. В связи с распространенностью стандарта SCORM, а также его поддержкой в базовой версии Moodle, принято решение использовать данный стандарт для интеграции приложения.

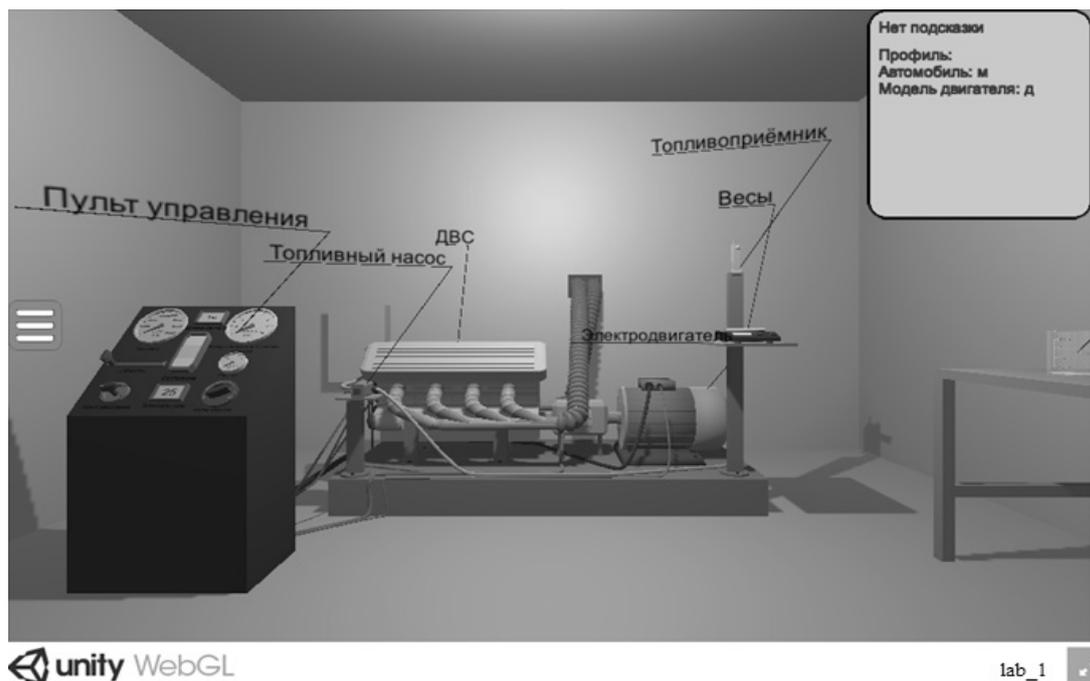


Рис. 2. Общий вид для пользователя виртуальной лабораторной работы

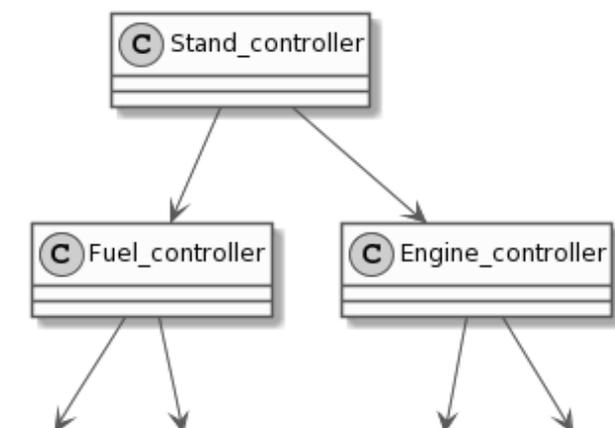


Рис. 3. Диаграмма основных классов приложения виртуальной лабораторной

Пакет виртуальной лабораторной работы

Разработка виртуального стенда лабораторной установки основана на данных, взятых из учебного пособия по испытаниям двигателей [7]. Готовая виртуальная лабораторная хранится в виде zip-архива.

Для интеграции разработанных лабораторных работ, было использовано расширение [8], позволяющее привести проект, собранный для программной среды WebGL, к виду стандартного пакета SCORM.

Для начала использования программы пользователю необходимо открыть электронно-образовательные курсы, в которых данный пакет с программой находится.

Пользователь может взаимодействовать с объектами при помощи камеры, способной свободно перемещаться по лаборатории. В реализованном программном обеспечении виртуальной лабораторной работы предусмотрено переключение режима управления камерой. Камера имеет два режима использования:

- ◆ 1 режим: свободное перемещение с помощью клавиш клавиатуры, а также свободный обзор;

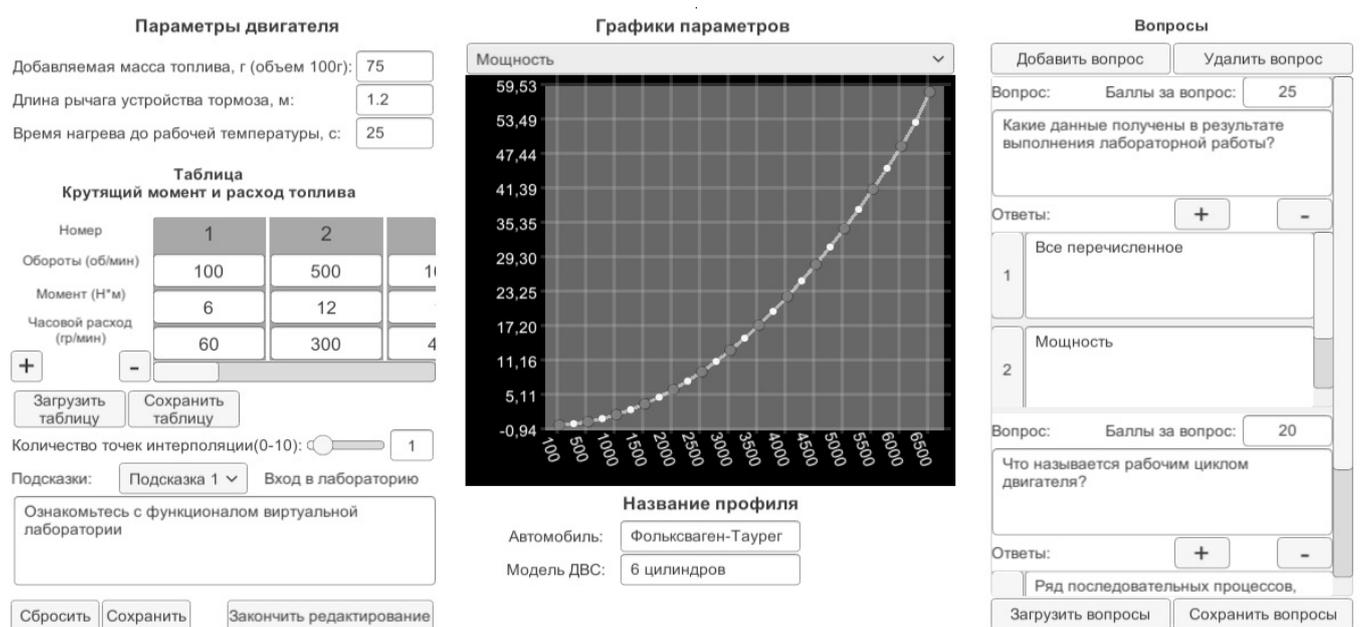


Рис. 4. Окно настроек профиля лабораторной работы

- ◆ 2 режим: свободное перемещение и обзор заблокированы.

Во всех режимах возможно использование курсора мыши для взаимодействия с объектами.

При проведении виртуального эксперимента для цели создания реалистичности в программном обеспечении предусмотрены следующие манипуляции с виртуальным лабораторным оборудованием:

- ◆ перемещение мерной тары на устройство для взвешивания;
- ◆ предусмотрена необходимость действиями пользователя, обеспечить включение устройства для взвешивания и его обнуление;
- ◆ наполнение необходимым количеством топлива в расходомерной емкости;
- ◆ погружение топливоприемника в расходомерную емкость;
- ◆ управление пуском двигателя внутреннего сгорания и изменением нагрузки на двигатель при его успешном запуске;
- ◆ проведение виртуального эксперимента, с созданием необходимых условий работы двигателя и считывая показания датчиков на пульте управления.

Общий внешний вид для пользователя лабораторной работы представлен на рисунке 2.

Программное обеспечение виртуальных лабораторных работ состоит из множества отдельных классов,

объединенных в иерархию, каждая отдельная лабораторная работа имеет свой набор классов, но у всех есть общая "базовая" часть, состоящая из трех управляющих классов (рисунок 3):

- ◆ Stand controller: управляет всеми частями лабораторной установки, основной управляющий класс;
- ◆ Fuel controller: управляет классами отвечающими за операции с топливом;
- ◆ Engine_controller: управляет классами отвечающими за имитацию работы двигателя.

Приложение для настройки виртуальной лабораторной

Приложение реализовано в виде программы для персонального компьютера и предназначено для использования преподавателем. В приложении реализованы двумерные и трехмерные масштабируемые графики для каждого из исследуемых параметров. Для придания параметрам вида, приближенного к реальному, в программе реализована интерполяция данных, которая применима к обоим видам графиков. Изменяя количество точек интерполяции, пользователь может задать необходимый изгиб графика, для увеличения точности параметров.

Помимо основных настроек реализовано создание и редактирование вопросов, на которые студент должен ответить по завершению лабораторной работы для получения баллов. Для данных лабораторных работ достаточно двух видов вопросов: выбор одного из ва-

```
// функция вычисляющая интерполирующую составляющую графика, label_x,y - значения исходной функции
private static float Interpolate(float x, List<float> label_x, List<float> label_y)
{
    float answ = 0f;
    for (int j = 0; j < label_x.Count; j++)
    {
        float l_j = 1f;
        for (int i = 0; i < label_x.Count; i++)
        {
            if (i == j)
                l_j *= 1f;
            else
                l_j *= (x - label_x[i]) / (label_x[j] - label_x[i]);
        }
        answ += l_j * label_y[j];
    }
    return answ;
}
```

Рис. 5. Код функции интерполяции

риантов ответов, ответ в вольном формате. Данное требование входило в техническое задание, по которому были разработаны лабораторные работы.

Для повышения удобства при работе с программой, реализовано сохранение всего профиля с настройками, а также отдельное сохранение списка вопросов и таблицы характеристик оборотов двигателя. Профиль сохраняется в формате JSON [9], список вопросов, а также таблица параметров сохраняются в текстовом формате — TXT. Работать с файлами формата JSON проще, так как они имеют собственное форматирование. Стандартный текстовый формат TXT не имеет строгого форматирования, но данный формат можно открывать в табличном редакторе.

На рисунке 4 приведен внешний вид окна приложения настройки.

Функция интерполяции данных

Основная функция интерполяции представлена на рисунке 5. Данная функция, основанная на интерполяционном многочлене Лагранжа, была разработана

на данных, взятых из учебного пособия по интерполяции данных [10].

Данная функция является основной функцией расчета для лабораторной работы, так как все вычисления проходят через эту функцию для имитации реальности данных.

Заключение

Разработанное программное обеспечение виртуальных лабораторных работ для исследований процессов в двигателях внутреннего сгорания апробировано на кафедре «Высшая школа автомобильного сервиса» Политехнического института Сибирского федерального университета в рамках учебной дисциплины «Двигатели внутреннего сгорания: теория, конструкция, эксплуатация и диагностика».

Дальнейшее развитие виртуального лабораторного комплекса возможно в создании лабораторных работ для других образовательных предметов и переводе, при необходимости, на новые стандарты электронного образования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виртуальная образовательная лаборатория — VirtuLab [Электронный ресурс]: Образовательные интерактивные работы по физике, химии, биологии, экологии и другим предметам, как в трехмерном пространстве, так и в двухмерном. — Режим доступа: <http://www.virtulab.net/>
2. Образовательная платформа для школьников и студентов [Электронный ресурс]: Интерактивные уроки по школьным предметам, разработанные в соответствии с учебной программой обновленного содержания среднего образования. — Режим доступа: <https://bilimland.kz/>
3. Свежие решения в области IT — Professional Group [Электронный ресурс]: Виртуальные лаборатории, компьютерные имитационные тренажеры для обучения, тестирования и аттестации. — Режим доступа: <https://www.professionalgroup.ru/>

4. EMARKET — Виртуальные лаборатории и тренажеры-имитаторы [Электронный ресурс]: Современные, эффективные и безопасные виртуальные лаборатории по различным дисциплинам и направлениям профессионального обучения. — Режим доступа: <https://emarket.ru/>
5. What is SCORM and How it Works [Электронный ресурс]: SCORM is a set of technical standards for eLearning products. It provides the communication method and data models that allow eLearning content and LMSs to work together. — Режим доступа: <https://scorm.com/>
6. A behind the scenes look at xAPI adoption by our numbers [Электронный ресурс]: Here at Rustici Software we're in a unique position in the industry as we provide eLearning standards support for hundreds of learning platforms and have more than 1,500 SCORM Cloud customers, plus over 30,000 active trial users who use to test and deliver content. — Режим доступа: <https://xapi.com/blog/xapi-adoption-by-our-numbers/>
7. Фарафонов М.Ф. Испытания двигателей внутреннего сгорания: Учебное пособие. — Челябинск: ЧПИ, 1983.
8. SCORM Integration Kit — Unity3D University [Электронный ресурс]: The Unity-SCORM Integration Kit enables you to integrate and package your Unity3D projects for use in your SCORM-compliant Learning Management System (like Blackboard Learn). — Режим доступа: <http://unity3d.stals.com.au/scorm-integration-kit/>
9. Crockford D. The application/json Media Type for JSON. Internet Engineering Task Force, 2006, 10p. DOI: 10.174487/RFC4627.
10. Половко А.М., Бутусов П.Н. Интерполяция. Методы и компьютерные технологии их реализации. — ISBN: 5–94157–493–2 изд. — СПб: ВНУ, 2004.

© Британ Александр Александрович (legenda.1011@mail.ru), Макуха Любовь Витальевна (makuha_lv@mail.ru),
Сидоров Анатолий Юрьевич (asidorov@sfu-kras.ru), Писарев Илья Сергеевич (IPisarev@sfu-kras.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Сибирский федеральный университет

СИСТЕМА АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ МАНИПУЛЯТОРА ДЛЯ РАБОТЫ В ДИНАМИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

ADAPTIVE CONTROL SYSTEM AND MANIPULATOR TRAJECTORY PLANNING FOR OPERATING IN A DYNAMIC ENVIRONMENT

**R. Galemov
G. Masalsky**

Summary. Currently, industrial robots manipulators perform operations involving cyclic actions. However, with the 4th industrial revolution, requiring the expansion of robots' areas of use, new requirements to robot control systems have appeared, bringing the capabilities of manipulators, in the tasks of interaction with objects, closer to the capabilities of humans. This paper presents an adaptive control system for robot manipulator, which includes a tracking system for a moving object and a system for adapting the parameters of controllers after capturing the object. Both systems use similar direct search algorithms to adapt the parameters while the manipulator is moving. Experiments were conducted on motion planning along a predetermined trajectory and tracking an object moving along the same trajectory.

Keywords: robotic manipulator, adaptive control, trajectory planning, tracking, optimization.

Галемов Руслан Тахирович

Старший преподаватель, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск
galemovruslan@gmail.com

Масальский Геннадий Борисович

К.т.н., доцент, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск
gmasalsky@sfu-kras.ru

Аннотация. В настоящее время промышленные роботы манипуляторы используются для выполнения циклических операций. Однако с 4-й промышленной революцией, предполагающей расширение областей использования роботов, появились новые требования к системам управления, приближающие возможности манипуляторов, в задачах взаимодействия с объектами, к возможностям человека. В статье представлена адаптивная система управления роботом-манипулятором, включающая систему слежения за движущимся объектом и систему адаптации параметров регуляторов звеньев после захвата объекта. Обе системы используют алгоритмы прямого поиска для адаптации параметров в процессе движения манипулятора. Были проведены эксперименты по планированию движения по заранее заданной траектории и слежению за объектом, движущимся по той же самой траектории.

Ключевые слова: робот-манипулятор, адаптивное управление, планирование траектории, слежение, оптимизация.

Введение

В настоящее время для захвата движущихся объектов промышленные манипуляторы используют методы с предварительным планированием движения. Такие методы работают только в случаях, когда состояние движущегося объекта известно заранее либо предсказуемо, например, если объект движется по конвейерной ленте. Если реальное состояние объекта будет отличаться от предсказанного, то манипулятор не сможет произвести захват. Было произведено множество исследований на тему захвата объектов движущихся по произвольным траекториям [1–12].

Для захвата предсказуемо движущихся объектов часто используются методы предсказания, планирования и исполнения (PPE). При использовании PPE система управления, используя предсказания положения объекта, определяет точку захвата на пути объекта. После этого позиционирует рабочий орган в точку захвата

и ждет прибытия объекта [1], [2]. Поскольку все расчеты производятся до начала движения, и если объект отклонится от предполагаемой траектории, то он может не попасть в точку захвата. Для решения этой проблемы были разработаны методы активного предсказания, планирования и исполнения (APPE), которые пересчитывали траекторию движения робота согласно изменениям в траектории движения объекта [3].

Были разработаны другие методы планирования движения рабочего органа в процессе движения робота. В [4] предложен регулятор перестраивающий траекторию по полиному с условиями равенства положения, скорости и ускорения РО и объекта. В [5] предложен планировщик траектории на основе потенциальных полей. В [6] используется разложение вектора движения объекта и модификация вектора ускорения рабочего органа для приближения к цели и синхронизации скорости с целью. Данный метод требует нахождения и обновления Якобиана манипулятора. В [7] управля-

ющее воздействие, в виде ускорения рабочего органа, получается из управляющей таблицы пространства состояний. Эти таблицы необходимо составлять заранее для каждой точки пространства состояний. В [8] для получения заданной скорости звеньев манипулятора, по известным векторам относительной линейной и угловой скорости движущегося объекта, используется обратная кинематика по скорости манипулятора.

Для решения задачи захвата движущегося объекта широко применяется компьютерное зрение. Камера может быть закреплена на неподвижной основе [9]. В [10] предложена система с камерой закрепленной на манипуляторе. В [11] требуемое положение рабочего органа формируется на основе предсказания положения объекта, которое получается фильтром Кальмана из данных с камеры, расположенной на последнем звене манипулятора. Управление получается из классической замкнутой системы с расчетом псевдообратного Якобиана манипулятора.

Целью данной статьи является исследование системы управления робота-манипулятора для работы в динамической среде, включающую алгоритмы адаптации и планирования траектории, разработанные в [12]. Под динамической средой понимается наличие движущихся объектов манипулирования и их влияние на инерцию манипулятора при захвате.

В данной статье рассматривается задача слежения рабочего органа манипулятора за движущейся целью с компенсацией изменения массы в рабочем органе при захвате или отпуске объекта. Слежение достигается путем непрерывного контроля положения объекта и обновления решения обратной задачи кинематики (ОЗК) в процессе движения робота. Решение ОЗК производится комбинированным поисковым методом (КПМ), представляющим комбинацию генетического алгоритма и симплексного поиска. Компенсация изменения массы достигается адаптацией параметров регулятора в процессе движения. Адаптация производится модифицированным симплексным поиском.

Теоретический анализ

Планирование траектории

Поскольку цель движется непрерывно, то слежение за движущейся целью можно рассматривать, как задачу оптимизации с дрейфующим экстремумом. В качестве задачи оптимизации используется обратная задача кинематики, которая служит для поиска углов в сочленениях манипулятора \mathbf{q} при известной матрице трансформации рабочего органа \mathbf{T} .

$$\mathbf{q} = f^{-1}(\mathbf{T}), \quad (1)$$

где \mathbf{q} — вектор $n \times 1$ обобщенных координат (углов поворота в звеньях) манипулятора; n — число степеней свободы манипулятора;

$$\mathbf{T} = \begin{bmatrix} \mathbf{R} & \mathbf{r} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} -$$

матрица размерности 4×4 ; \mathbf{r} — вектор, размерно-

сти 3×1 , положения РО рабочем пространстве $\mathbf{x}_0\mathbf{y}_0\mathbf{z}_0$; $\mathbf{R} = \begin{bmatrix} \rho_x & \rho_y & \rho_z \end{bmatrix}$ — матрица размерности 3×3 ; $\hat{\mathbf{n}}_x, \hat{\mathbf{n}}_y, \hat{\mathbf{n}}_z$ — векторы, размерности 3×1 , составляющие локальную систему координат РО манипулятора в пространстве $\mathbf{x}_0\mathbf{y}_0\mathbf{z}_0$.

Запишем задачу слежения в виде задачи оптимизации

$$Q(\mathbf{q}) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (w_i \cdot q_{0i} - q_i)^2 \rightarrow \min_{\mathbf{q} \in V}, \quad (2)$$

$$\text{где } V = \{ \mathbf{q} : \mathbf{q} \in R^n, g(t, \mathbf{q}) = 0, \mathbf{q}_{\min} \leq \mathbf{q} \leq \mathbf{q}_{\max} \},$$

t — время, q_{0i} — начальное значение обобщенных координат i -го звена, w_i — нормированная кумулятивная сумма длин звеньев манипулятора с i -го до n -го,

$$g(t, \mathbf{q}) -$$

функциональное ограничение на положение и ориентацию рабочего органа и определяется формулой

$$g(t, \mathbf{q}) = \omega \cdot \sqrt{\sum_i^{\{x,y,z\}} (r_{d,i}(t) - r_i(\mathbf{q}))^2} + (1 - \omega) \cdot \sqrt{\sum_j^{\{x,y,z\}} (\rho_{d,j}(t) - \rho_j(\mathbf{q}))^2}, \quad (3)$$

где индекс d обозначает требуемое значение.

Целевая функция (2) имеет дрейф экстремума, обусловленный изменением во времени функции ограничения (3). Алгоритм оптимизации использует компенсированное (с учетом дрейфа цели) значение целевой функции

$$C(\mathbf{q}_l) = Q(\mathbf{q}_l) + \sum_{i=l+1}^k d_i, \quad (4)$$

где l — индекс текущей вершины поиска; k — шаг поиска; d_i — смещение поверхности целевой функции в i -й вершине. Поскольку смещения d_k неизвестны, то в (4) используются их оценки на основе скорости дрейфа. Для оценки скорости дрейфа используем рекуррентный метод наименьших квадратов [12]. Оценка дрейфа производится численным интегрированием оценок скорости дрейфа для всех вершин КПМ. Подробности работы КПМ описаны в [13].

Адаптация регуляторов

Манипулятор в движении является постоянно изменяющейся системой, по причине изменения инерции звеньев, гравитации и вязкого трения. Эти изменения происходят вследствие движения звеньев, а так же из-за изменения массы в рабочем органе вследствие захвата или отпускания объектов, и приводят к дрейфу экстремума целевой функции адаптера. В этих условиях для адаптации в реальном времени используются специальные методы оптимизации.

В статье использован комбинированный подход к адаптации, на основе симплексного поиска (СП) при котором на каждом шаге адаптации происходит изменение параметров и компенсирующего воздействия. Целевая функция для настройки параметров регулятора имеет вид

$$Q(\kappa, z_\kappa | \theta_{\kappa-1}) = (q_d(\kappa) - q(\kappa, z_\kappa | \theta_{\kappa-1}))^2 \rightarrow \min_{\theta_{\kappa-1} \in \Theta}, \quad (5)$$

$$\text{где } \Theta = \{\theta_\kappa : \theta_\kappa \in R^n, \theta^- \leq \theta_\kappa \leq \theta^+\};$$

θ_κ — вектор настраиваемых параметров регулятора;

$q_d(\kappa)$ — значение задающего воздействия на κ -м шаге адаптации;

$q(\kappa | \theta_{\kappa-1})$ — выход системы на шаге κ для набора параметров, полученных на предыдущем шаге адаптации; z_κ — контролируемое возмущение, измеренное в момент адаптации. Для компенсации возмущений СП хранит значения целевой функции для каждой вершины текущего симплекса и вектор контролируемых возмущений z_κ [14].

Компенсированное значение целевой функции в l -й вершине симплекса равно

$$C_l = Q(\kappa_l, z_l | \theta_l) + \Delta z_l^T \cdot \hat{b}_\kappa, \quad (6)$$

$$l = 1 \dots n + 1,$$

где \hat{b}_κ — оценка дрейфа целевой функции; θ_l — набор параметров регулятора, с которым вычислялась целевая функция для l -й вершины; $\Delta z_l = z_\kappa - z_l$ — разница между текущим вектором контролируемых возмущений и вектором, полученным во время вычисления целевой функции в l -й вершине; n — размерность пространства поиска.

Поскольку дополнительное управление и параметры регулятора меняются одновременно, то использование измеряемой ошибки управления в качестве целевой функции в двух адаптерах приведёт к неопределенности типа: изменения параметров в каком адаптере привели к улучшению (ухудшению) значения измеряемой ошибки. Для избегания этой неопределенности используется целевая функция от моделируемого задающего воздействия.

Использование моделируемого задающего воздействия позволяет оценить влияние альтернативных наборов параметров на качество управления, не используя их в работе системы. Для этого вычисляется оценка качества управления

$$\tilde{Q}(\kappa | \hat{\theta}_\kappa^{(i)}) = \left(\hat{q}(\kappa | \hat{\theta}_\kappa^{(i)}) - q(\kappa | \theta_{\kappa-1}) \right)^2 \rightarrow \min_{\hat{\theta}_\kappa^{(i)} \in \Theta}, \quad (7)$$

$$\hat{q}(\kappa | \hat{\theta}_\kappa^{(i)}) = P_d \tilde{r}(\kappa, \hat{\theta}_\kappa^{(i)}),$$

$$i = 1 \dots n + 1,$$

где $\Theta = \{\hat{\theta}_\kappa^{(i)} : \hat{\theta}_\kappa^{(i)} \in R^n, \theta^- \leq \hat{\theta}_\kappa^{(i)} \leq \theta^+\};$ θ^-, θ^+ — вектора минимальных и максимальных значений параметров регулятора;

$\tilde{r}(\kappa, \hat{\theta}_\kappa^{(i)})$ — моделируемое задающее воздействие; P_d — эталонная модель переходного процесса замкнутой системы управления. Подробности о вычислении моделируемого задающего воздействия описаны в [14].

Структура системы управления представлена на рисунке 1. Здесь источник траектории для РО может предоставлять, как заранее рассчитанные траектории РО, так и текущее положение цели. В системе управления звена происходит комбинированная адаптация параметров ПД-регулятора адаптивными методами и расчет заданных моментов для двигателя.

Эксперименты

Система управления разработана для прототипа робота предназначенного для образовательных и промышленных целей и имеет следующие характеристики: грузоподъемность до 6 килограмм; 5 вращательных

Таблица 1. Динамические параметры звеньев робота

Звено	Масса, кг	Осевые моменты инерции, кг·м ²	Центробежные моменты инерции, кг·м ²
1	60.8	[0.016; 0.008; 0.015]	[-0.000; -0.000; -0.000]
2	31.4	[0.191; 0.124; 0.215]	[0.025; -0.000; -0.000]
3	5.4	[0.270; 0.284; 0.014]	[0.001; 0.011; 0.000]
4	5.0	[0.016; 0.008; 0.020]	[0.004; -0.002; 0.003]
5	1.2	[0.014; 0.074; 0.072]	[-0.000; -0.000; -0.001]

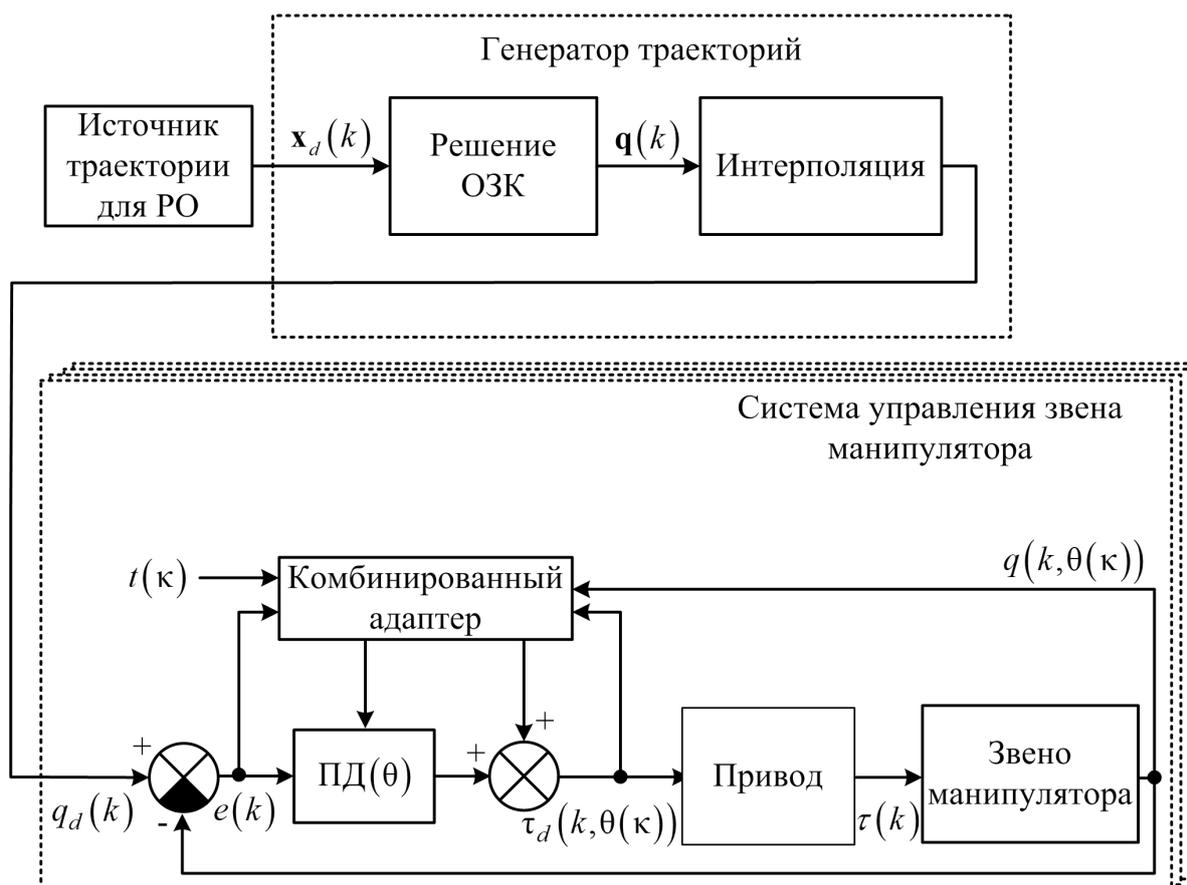


Рис. 1. Структурная схема системы управления

степеней свободы с рабочим органом. Кинематическая схема представлена на рисунке 2. Значения параметров динамики манипулятора представлены в таблице 1.

Параметры кинематики по модели Денавита-Хартенберга для рассматриваемого манипулятора представлены в таблице 2.

Эксперименты проводились на модели системы управления, представленной на рисунке 1. Частота обновления выхода генератора траекторий равна частоте обновления управляющего воздействия. Эксперименты проводились на траекториях, представленных в таблице 3.

Эксперимент 1: Цель эксперимента: сравнение точности движения по траектории и слежения за целью при заданной скорости движения РО. Эксперимент разделен на два этапа. В первом на вход системы подавалась траектория, заранее разбитая на сегменты для предварительного расчета. Во втором этапе траектория подавалась как текущее положение цели. На каждом этапе проводились испытания с пустым РО, с грузом в РО $m_l = 6$ кг и с имитацией поднятия и сброса груза во время прохождения траектории. В качестве критерия сравнения выбрано среднее расстояние от рабочего органа до текущей точки траектории. В таблице 4 приведены значения критерия для двух этапов эксперимента.

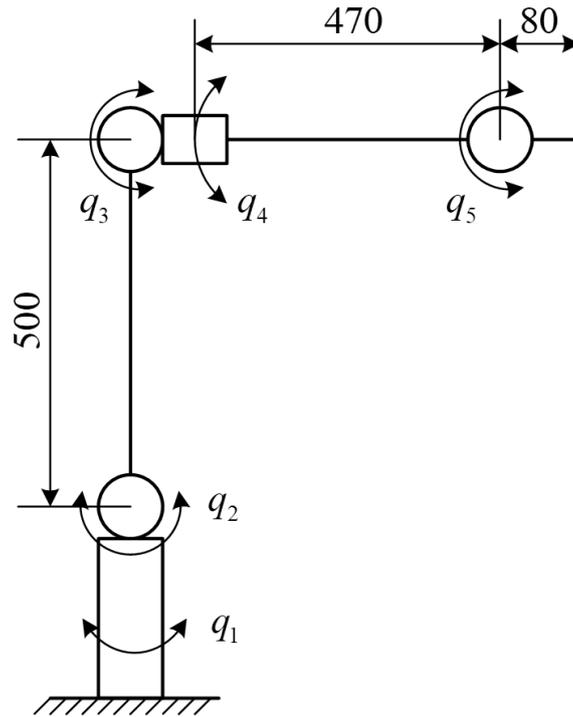


Рис. 2. Кинематическая схема манипулятора

Таблица 2. Параметры Денавита-Хартенберга для пятизвенного манипулятора

	Звено 1	Звено 2	Звено 3	Звено 4	Звено 5
$a, \text{ м}$	0	0.500	0	0	0.08
$d, \text{ м}$	0.318	0	0	0.470	0
$\alpha, \text{ рад}$	$-\pi/2$	0	$\pi/2$	$\pi/2$	0
$\Theta, \text{ рад}$	0	0	0	0	0
σ	1	1	1	1	1

По результатам эксперимента видно, что средняя ошибка при движении по траектории составляет 2.2 мм. При слежении за целью средние ошибки составляют 7.6 мм. Разница в средней ошибке объясняется поисковыми движениями, которые совершает КПМ во время слежения за движущейся целью, и отставанием поиска от оптимума целевой функции.

Эксперимент 2: цель эксперимента показать влияние скорости дрейфа на ошибку позиционирования РО. Эксперимент проводится в режиме следования за целью. Цель движется по траектории 1 из таблицы 3 при различных значениях b . Для траектории 1 величина b является линейной скоростью движения и представлена в результатах в м/с. В качестве критерия выбрана средняя ошибка позиционирования РО. В таблице 5 приведены значения критерия.

По результатам эксперимента видно, что среднее расстояние до рабочего органа превышает 10 мм при линейной скорости цели более 0.2 м/с.

Результаты

В статье показано, что разработанный алгоритм построения траектории и адаптивный регулятор могут использоваться для построения системы управления манипуляционными роботами. Полученная система способна выполнять задачи по следованию по заранее рассчитанной траектории, а так же рассчитывать траекторию для отслеживания движущейся цели. Система управления робота обеспечивает точность менее 5 мм и следит за целью с ошибкой, не превышающей 10 мм при линейной скорости цели не более 0.15 м/с при управлении рассматриваемым манипулятором.

Таблица 3. Траектории рабочего органа

№	r_{di} , м	ρ_{di} , рад	b
1	$\begin{bmatrix} 0.6 \\ 0.4 - b \cdot t \\ 0.8 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 \\ -\pi/2 \\ 0 \end{bmatrix}$	0.1
2	$\begin{bmatrix} 0.6 \cdot \cos\left(b \cdot t - \frac{\pi}{4}\right) \\ 0.6 \cdot \sin\left(b \cdot t - \frac{\pi}{4}\right) \\ 0.8 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \pi \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	0.1
3	$\begin{bmatrix} 0.6 + 0.05 \cdot \cos(10b \cdot t) \\ 0.4 - b \cdot t \\ 0.8 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 \\ -\pi/2 \\ 0 \end{bmatrix}$	0.1
4	$\begin{bmatrix} 0.6 + 0.05 \cdot \cos(5b \cdot t) \\ 0.4 - b \cdot t \\ 0.8 + 0.05 \cdot \cos(10b \cdot t) \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 \\ -\pi/2 \\ 0 \end{bmatrix}$	0.1
5	$\begin{bmatrix} 0.8 \\ \frac{0.2 \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(b \cdot t)}{\sin(b \cdot t)^2 + 1} \\ 0.8 + \frac{0.2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(b \cdot t) \cdot \cos(b \cdot t)}{\sin(b \cdot t)^2 + 1} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 \\ -\pi/2 \\ 0 \end{bmatrix}$	0,1

Таблица 4. Значения критерия в эксперименте 1

		Траектория					средняя
		1	2	3	4	5	
Движение по траектории	Без груза, мм	2.1	1.2	2.3	2.4	3.2	2.2
	С грузом, мм	1.9	0.9	3.2	3.0	6.6	3.1
	С изменением массы, мм	2.1	1.9	1.6	2.3	4.8	2.5
Слежение за целью	Без груза, мм	4.2	3.4	4.5	7.7	18.1	7.6
	С грузом, мм	5.0	4.9	5.0	7.9	23.8	9.3
	С изменением массы, мм	4.4	4.8	4.4	7.4	19.8	8.1

Таблица 5. Значения критерия эксперимента 2

b , м/с	0.03	0.05	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40
Критерий, мм	3.4	3.4	4.2	5.9	9.0	19.6	45.5

ЛИТЕРАТУРА

1. Kimura H., Mukai N., Slotine J.J.E. Adaptive visual tracking and Gaussian network algorithms for robotic catching //Advances in robust and nonlinear control systems. — 1992. — С. 67–74.
2. Park T.H., Lee B.H. An approach to robot motion analysis and planning for conveyor tracking //IEEE transactions on systems, man, and cybernetics. — 1992. — Т. 22. — №. 2. — С. 378–384.
3. Croft E.A., Fenton R.G., Benhabib B. Optimal rendezvous-point selection for robotic interception of moving objects //IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics). — 1998. — Т. 28. — №. 2. — С. 192–204.
4. Zhang M., Buehler M. Sensor-based online trajectory generation for smoothly grasping moving objects //Proceedings of 1994 9th IEEE International Symposium on Intelligent Control. — IEEE, 1994. — С. 141–146.
5. Masoud A.A., Bayoumi M.M. Intercepting a maneuvering target in a multidimensional stationary environment using a wave equation potential field strategy // Proceedings of 1994 9th IEEE International Symposium on Intelligent Control. — IEEE, 1994. — С. 243–248.
6. Ye X., Liu S. Velocity decomposition based planning algorithm for grasping moving object //2018 IEEE7th Data Driven Control and Learning Systems Conference (DDCLS). — IEEE, 2018. — С. 644–649.
7. Archibald C., Van de Panne M. Tracking and grasping moving objects using reflex behaviour //Fifth International Conference on Advanced Robotics' Robots in Unstructured Environments. — IEEE, 1991. — С. 643–648.
8. Zhang G. et al. Grasp a moving target from the air: System & control of an aerial manipulator //2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). — IEEE, 2018. — С. 1681–1687.
9. Mirtich B., Canny J. Easily computable optimum grasps in 2-D and 3-D //Proceedings of the 1994 IEEE International Conference on Robotics and Automation. — IEEE, 1994. — С. 739–747.
10. Nomura H., Naito T. Integrated visual servoing system to grasp industrial parts moving on conveyer by controlling 6DOF arm //Smc 2000 conference proceedings. 2000 ieee international conference on systems, man and cybernetics. 'cybernetics evolving to systems, humans, organizations, and their complex interactions' (cat. no. 0. — IEEE, 2000. — Т. 3. — С. 1768–1775.
11. Shaw J., Chi W.L. Automatic classification of moving objects on an unknown speed production line with an eye-in-hand robot manipulator //Journal of Marine Science and Technology. — 2018. — Т. 26. — №. 3. — С. 10.
12. Галемов Р.Т. Компенсация знакопеременного дрейфа целевой функции в решении обратной задачи кинематики манипулятора в условиях движущейся цели // Кибернетика и программирование. — 2018. — №. 4. — С. 1–18.
13. Галемов Р.Т., Масальский Г.Б. Комбинированный поисковой метод решения обратной задачи кинематики многозвенного манипулятора // Мехатроника, автоматизация, управление. — М: Новые технологии. — 2018. — № 7 –Т.19. — С464–473
14. Галемов Р.Т. Адаптация параметров и компенсирующего воздействия ПД-регулятора работа-манипулятора// В кн. Проспект Свободный — 2019. Секция «Электротехнологии, электротехника и робототехника»: материалы Междунар. студ. конф. Красноярск, 24 апреля 2019 г, С 15–17.

© Галемов Руслан Тахирович (galemovruslan@gmail.com), Масальский Геннадий Борисович (gmasalsky@sfu-kras.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫГОДНОГО МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ НЕЙРО-НЕЧЕТКОГО АНАЛИЗА

ANALYSIS OF METHODS DETERMINATION OF PROFITABLE LOCATION OF ENTERPRISES BASED ON NEURO-FUZZY ANALYSIS

**D. Goncharov
I. Sviridova**

Summary. This article examines the current and modern methods of neuro-fuzzy analysis in the processes of determining the beneficial location of enterprises. The main directions of using artificial intelligence in the processes of determining the profitable location of enterprises are given. The article also investigates the direction of using artificial neural networks for solving learning problems for the selection of determining the favorable location of enterprises. The research methodology has a complex interdisciplinary nature and is based, firstly, on the analytical philosophy of consciousness and the philosophy of artificial intelligence, secondly, on the general methodology of cognitive, computer science and neurosciences, and thirdly, on the philosophical and methodological imperative of explicating the scientific and theoretical content in the economic processes of enterprise management. It is shown that artificial intelligence technologies generally have a positive effect on the functioning of the control system for selecting a favorable location for enterprises.

Keywords: neuro-fuzzy analysis, artificial intelligence, training, selection, advantageous location, enterprise, neural network.

Гончаров Дмитрий Викторович

Ассистент, НИУ «Белгородский Государственный
Университет», г. Белгород
goncharov@bsu.edu.ru

Свиридова Ирина Вячеславовна

Ассистент, НИУ «Белгородский Государственный
Университет», г. Белгород
sviridova@bsu.edu.ru

Аннотация. В данной статье исследованы актуальные и современные методы нейро-нечеткого анализа в процессах определения выгодного местоположения предприятий. Приведены основные направления использования искусственного интеллекта в процессах определения выгодного местоположения предприятий. В статье также исследовано направление применения искусственных нейронных сетей для решения задач обучения для подбора определения выгодного местоположения предприятий. Методология исследования имеет комплексный междисциплинарный характер и опирается, во-первых, на аналитическую философию сознания и философию искусственного интеллекта, во-вторых, на общую методологию когнитивных, компьютерных наук и нейронаук, в-третьих, на философско-методологический императив экспликации научно-теоретического содержания в экономических процессах управления предприятиями. Показано, что технологии искусственного интеллекта целом оказывают положительное влияние на функционирование системы управления подбора выгодного местоположения предприятий.

Ключевые слова: нейро-нечеткий анализ, искусственный интеллект, обучение, подбор, выгодное местоположение, предприятие, нейронная сеть.

Введение

В настоящее время большая часть процессов на предприятиях активно адаптируется к инновациям на базе нейро-нечеткого анализа и искусственного интеллекта [2, с. 231]. Математическая теория нечетких множеств и нечеткая логика является обобщением классической теории множеств и классической формальной логики. Эти понятия были впервые предложены американским ученым Л. Заде в 1965 г. [12, с. 352]. Одной из главных причин появления новой теории стало наличие нечетких и приближенных рассуждений при описании человеческих процессов, систем, объектов и прочего. Прежде чем нечеткий подход к моделированию сложных систем получил признание во всем мире, прошло не один десяток лет с момента

зарождения теории нечетких множеств. Наиболее активное распространение нечеткой логики началось после доказательства в конце 80-х прошлого века Б. Коско знаменитой теоремы FAT, согласно которой любая математическая система может быть аппроксимирована системой, основанной на нечеткой логике [14, с. 202]. Гибридизация методов интеллектуальной обработки информации — девиз, под которым прошли 90-е годы XX ст. у западных и американских исследователей. В результате объединения нескольких технологий искусственного интеллекта появился специальный термин — «мягкие вычисления» (soft computing), который ввел Л. Заде в 1994 г. [7, с. 17]. Сегодня мягкие вычисления объединяют следующие сферы, как нечеткая логика, искусственные нейронные сети, вероятностные рассуждения, эволюционные алгоритмы. Они допол-

няют друг друга и используются в разных комбинациях для создания гибридных интеллектуальных систем. Нейронные сети — это параллельно распределенные системы, способные к сохранению и репрезентации знаний путем анализа положительных и отрицательных воздействий [2, с. 123]. Нечеткие нейронные сети логически прозрачны, поэтому они могут получать новые знания. Нечеткие нейронные сети также легко адаптируются к окружающей среде. Все это свидетельствует о том, что эти системы эффективно использовать для повышения эффективности экономического и финансового состояния предприятий. Нейро-нечеткая сеть — это представление системы нечеткого вывода в виде нейронной сети, удобной для изучения, пополнения, анализа и использования. Структура нейро-нечеткой сети соответствует основным блокам системы нечеткого вывода [6, с. 16]. Именно поэтому нейронные сети и генетические алгоритмы сейчас широко применяются повсюду, где есть неформализованные задачи, которые очень тяжело алгоритмизировать [6, с. 15]. Сегодня многие компании не могут добиться высоких результатов в конкурентной среде именно потому, что команда специалистов недостаточно технически образована в сфере применения нейро-нечеткого анализа. Сегодня эксперты называют одним из главных умений нейро-нечеткого анализа и искусственного интеллекта — взвешенное принятие решений. Человек основывается на субъективных ощущениях, не всегда соблюдая правила, а искусственный интеллект не может нарушить установленный порядок принятия решений, и поэтому он более беспристрастный и объективный. Согласно отчету индийской аналитической компании TeamLease, в Индии в области информационных технологий методы искусственного интеллекта создали 2300000 рабочих мест, перед этим сократив 1800000. Для бизнеса такая ситуация выгодна, поскольку руководители департаментов и менеджеры по персоналу автоматически создали на предприятиях технически более образованную и современную среду.

Цель статьи

Анализ методов определения выгодного местоположения предприятий на основе нейро-нечеткого анализа данных.

Обсуждение результатов

Сегодня искусственный интеллект становится все более и более важной составляющей подбора определения выгодного местоположения предприятий, поскольку такие инструменты упрощают оптимизацию выбора местоположения предприятий и повышают его прогнозную работу [13, с. 840]. В новом десятилетии предприятиям стоит обратить внимание на аналити-

ку, которая улучшит опыт в разработке новых выгодных местоположений их деятельности. Предприятия должны четко понимать и осознавать особенности выгодных местоположений их деятельности в аспекте открытия новых площадей. Системы на основе искусственного интеллекта и машинного обучения отслеживают эффективность, охват и ранжирование выгодного местоположения.

Искусственный интеллект — только одна из многих технологий, которая помогает быстрее и эффективнее осуществлять процессы подбора выгодного местоположения. Искусственный интеллект в компании в аспекте выгодных местоположений их деятельности по многим причинам, вот основные из них:

- ◆ способность анализировать данные про территориальные рынки: их глубину, характеристики потенциальной клиентской базы, прогнозируемый спрос и т.п.;
- ◆ анализ потребности в количестве новых площадей компании;
- ◆ выполнение рутинных задач (например, управление запросами с помощью ботов);
- ◆ ведения когнитивных вычислений с использованием искусственных нейронных сетей: без дополнительных исследований методы искусственного интеллекта способны вычислить по заданным параметрам, какие из потенциальных территорий для освоения смогут более эффективно эксплуатировать.

В последнее время стремительно развивается новая прикладная область математики искусственного интеллекта, которая специализируется на искусственных нейронных сетях (далее — ИНС). Актуальность данных исследований в этом направлении состоит в многообразии приложений ИНС. Широкий круг задач, решаемых ИНС, не позволяет в настоящее время создавать универсальные мощные сети, вынуждая разрабатывать специализированные ИНС, функционирующие по разным алгоритмам. Модели ИНС могут быть программного и аппаратного исполнения. Нервная система человека состоит из клеток, которые называются нейронами, и имеет чрезвычайную сложность: около 1011 нейронов участвуют около 1015 передающих связей, имеющих длину один метр и более. Наиболее целесообразным является использование искусственных нейронных сетей в задачах определения выгодного местоположения предприятий [12, с. 352].

Модель нейросети определения выгодного местоположения предприятий оценивает информацию по разметке данных, заранее составленной 150 специалистами. Входные данные для нейросети — это описание территории, рынка или страны. Далее она исследу-

ется на всех доступных базах с вариантами разработки. Машинный мозг анализирует опыт эксплуатации подобных предприятий, их характеристики и базовые свойства, необходимые для прохождения оптимизации выработки. При этом искусственные нейронные сети «разбивают» опыт на этапы — таким образом, он может оценить самый релевантный.

Для построения нейросетевого классификатора определения выгодного местоположения предприятий в различных природных условиях отрасли была выбрана нейронная сеть «Многослойный персептрон» [1, с. 231]. Как известно, при трех и более слоях в персептроне область решения может состоять из несмежных областей, ограниченных гиперплоскостью. Многослойные персептроны дают возможность строить сложные разделительные поверхности и поэтому имеют широкое применение для решения задач классификации. Эта модель нейронной сети легко реализуется с применением современных программных и аппаратных средств. Итак, с помощью многослойного персептрона можно решать задачи любой сложности.

Для построения системы классификации определения выгодного местоположения предприятий был реализован трехслойный персептрон с разным количеством нейронов в скрытых слоях и в исходном слое. Нейроны каждого слоя соединяются с нейронами предыдущего и последующего слоев по принципу «каждый с каждым». Количество нейронов в выходном слое зависит от количества классов, а количество нейронов в скрытых слоях избирается на основе сложности поверхностей гиперплоскостей, разделяющих диагностические признаки, описывающие территории города в котором планируется освоить новые офисы предприятия. Каждый слой выполняет нелинейное преобразование от линейной комбинации выходных сигналов предыдущего слоя. Поочередным расчетом линейных комбинаций и нелинейных преобразований достигается аппроксимация произвольной многомерной функции при соответствующем выборе параметров сети.

Созданы сотни программных продуктов, имеющих различные возможности, различную область применения, и соответственно — стоимость лицензии.

1. Нейропакет Neural 10, который разработан компанией Southern Scientific CC, South Africa, имеет достаточно ограниченные возможности, реализует только одну нейросетевую парадигму — двухслойная нейронная сеть прямого распространения.
2. Пакет NeuroPro, имеет возможность задавать количество до 10 слоев и количество нейронов в слое — до 100. Но нейроны могут быть только

с нелинейной сигмоидальной функцией активации, крутизна которой может задаваться для каждого слоя отдельно, есть возможность установки точности обучения. Для обучения можно использовать один из следующих методов: градиентного спуска, модифицированный ParTap метод, метод сопряженных градиентов.

3. В пакете QwikNet 32 реализовано только один тип нейросети — многослойная сеть прямого распространения с количеством скрытых слоев (до 5) и возможностью выбора одного из 6 алгоритмов обучения (модификации метода обратного распространения).
4. Программная оболочка Neural Planer позволяет моделировать нейронные сети различной конфигурации. В нем реализована работа в локальной сети.
5. Пакет BrainMaker предназначен для моделирования многослойных нейронных сетей с алгоритмом обучения обратного распространения. Пакет ориентирован на широкий круг задач — от решения задач прогнозирования, к системам распознавания образов. Программа обрабатывает входные данные нейронной сети, выводит статистику его обучения и прогонки. В программе имеется большое количество контрольных функций для оптимизации процесса обучения.
6. Программный пакет Statistica Neural Network является универсальным пакетом нейросетевого анализа, созданным компанией StatSoft. В пакете реализовано много видов нейронных сетей, есть возможность создания сложных комбинаций из сетей различных архитектур.
7. Программный пакет MatLab содержит много возможностей, касательно создания и использования алгоритмов искусственных нейронных сетей. Это пакеты Neural Network Toolbox и Simulink, работающие с помощью внутренней речи описания данных пакета MatLab. Пакет позволяет решать самые разнообразные задачи и строить сложные системы.
8. Пакет NeuroSolutions является разработкой NeuroDimension NeuroSolutions на основе изображения обеспечивает наиболее мощную и гибкую окружающую среду для создания искусственных нейронных сетей. Интуитивность пакета имеет преимущества перед другими программными продуктами, его интерфейс дает возможность быстро и легко строить и учить нейронную сеть, чтобы решить любую сложную проблему. Пакет имеет мощный графический, пользовательский, интерфейс.

С учетом приведенного анализа выше считаем, что для решения различных технологических задач це-



Рис. 1. Стратегии определения выгодного местоположения предприятий для услуг

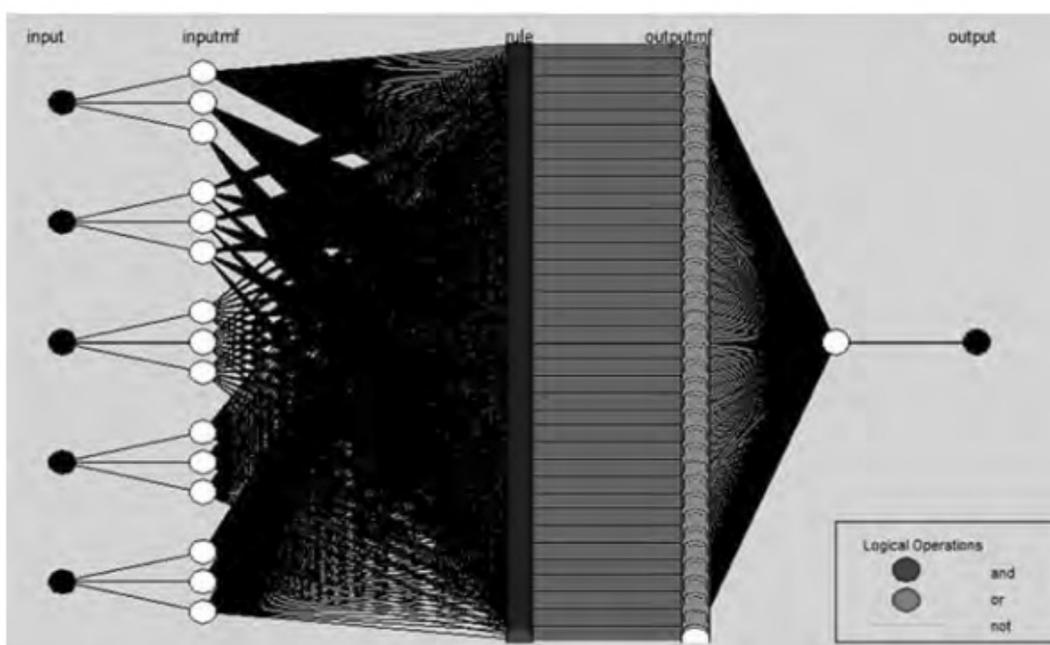


Рис. 2. Структура нечеткой нейронной сети определения выгодного местоположения предприятий

лесообразно использовать пакет MatLab и систему NeuroSolutions. Изначально проводится детализация критериев выгодных местоположений их деятельности, что во многом определяется видом бизнеса: производство, сервис, ритейл. Ниже на рис. 1 представлено основание критериев выгодного местоположения предприятия сферы услуг).

На рис. 2 четко видно, что многослойный перцептрон провел нелинейную классификацию и выделил области со сложной структурой определения выгодного местоположения предприятий.

Разработанная нейронная сеть позволяет выполнять нелинейное разделение и классификацию определения

выгодного местоположения предприятий по набору диагностических признаков, выделять сложную зависимость между степенью выгоды местоположения и значениями информативных параметров. Во время учебы нейронная сеть может автоматически изменять собственные параметры, достигая при этом наиболее высокой достоверности контроля. К недостаткам системы можно отнести необходимость для обучения многослойного персептрона существования обучающей выборки, содержащей информацию о возможных недостатках местоположения. Внесение информации о новом типе недостатка местоположения сопровождается полным переобучением сети. Решить данный недостаток возможно использованием гибридных нейронных сетей, или комбинации многослойного персептрона с другими сетями, обучающихся без учителя и имеющих способность изменять свои параметры в процессе работы и приспосабливаться к изменению входных

данных. Система классификации на базе многослойного персептрона имеет высокую достоверность контроля. Полученные результаты показали перспективность применения нейронных сетей при проведении определения выгодного местоположения предприятий.

ВЫВОДЫ

Искусственный интеллект — это инструменты, которые идеально подходят для использования в сфере обучения для определения выгодного местоположения предприятий. Это обусловлено наличием в «умных» системах алгоритмов, способных собирать, анализировать, упорядочивать данные. По прогнозам IBM, в ближайшие годы большинство компаний в странах мира с наиболее развитой экономикой необходимо будет переквалифицироваться, чтобы использовать потенциал рынка искусственных технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ананченко И.В., Чагина П.А. Торговые работы — использование нейронных сетей, методов машинного обучения для рынка форекс. Москва: Экономика и бизнес: теория и практика. 2021. 231 с.
2. Качагина К.С., Сафарова А.Д. Нейронные сети — перспективы развития. Санкт-Петербург: E-Scio. 2021. 123 с.
3. Ковалиева Е.Р., Алексеева В.П. Причины стремительного развития нейронных сетей. Санкт-Петербург: E-Scio. 2021. 125 с.
4. Кириллова Е.А., Лазарев А.И. Программно-аналитические системы прогнозирования и оценки реализации инновационных процессов в интеграционных формированиях. Москва: Экономика и экологический менеджмент. 2021. 15 с.
5. Круглов В.В., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. Москва: Ленанд. 2020. 779 с.
6. Иванько А.Ф., Иванько М.А., Колесникова О.Д. Информационные нейронные сети. Москва: Научное обозрение. Технические науки. 2019. 11–16 с.
7. Иванько А.Ф., Иванько М.А., Сизова Ю.А. Нейронные сети: общие технологические характеристики. Москва: Научное обозрение. Технические науки. 2019. 17–23 с.
8. Ширяев В.И. Финансовые рынки: Нейронные сети, хаос и нелинейная динамика. Москва: Ленанд. 2019. 232 с.
9. Яхъяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети. Москва: Бином. 2018. 316 с.
10. Редько В.Г. Эволюция, нейронные сети, интеллект: Модели и концепции эволюционной кибернетики. Москва: Ленанд. 2017. 224 с.
11. Ширяев В.И. Финансовые рынки. Нейронные сети, хаос и нелинейная динамика. Москва: Либроком. 2017. 232 с.
12. Барский А.Б. Логические нейронные сети. Москва: Бином. 2016. 352 с.
13. Галушкин А.И. Нейронные сети: история развития теории. Москва: Альянс. 2016. 840 с.
14. Иваненко Б.П. Исследование точностных характеристик прогноза показателей нефтедобычи с использованием линейной нейронной сети. Томск: Известия ТПУ. 2016. 202 с.
15. Подольский А.К. Применение методов искусственного интеллекта в нефтегазовой промышленности. Москва: Современная наука. 2016. 281 с.
16. Рутковская Д.М., Пилиньский М.А., Рутковский Л.Я. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. Москва: Ри С. 2016. 384 с.
17. Ткаченко М.Г. Применение искусственной нейронной сети, оптимизированной генетическим алгоритмом, в задаче анализа состояния технологического оборудования нефтегазодобывающей промышленности. Ростов — на — дону: ЮФУ: Технические науки. 2016. 156 с.
18. Усков А.А. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика. Москва: Телеком. 2016. 143 с.

© Гончаров Дмитрий Викторович (goncharov@bsu.edu.ru), Свиридова Ирина Вячеславовна (sviridova@bsu.edu.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СПЕЦИФИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ

SPECIFICITY OF MODELING INFORMATION RESOURCES

D. Zaitsev

Summary. The article analyzes the specifics of modeling information resources (IR). The concept, essence and role of IR, their content features and properties, such as massiveness, systematization, fundamental and material value, are revealed. The importance of creating a unified system for the use of IRs for their effective use, regardless of the type, is indicated. The concept, content and general principles of the modeling process are considered, the process of IR modeling is analyzed. The role of IR in modeling the subject area of the information system is determined, the general boundaries of their application are indicated, such as the static nature of models and the absence of modeling of behavioral aspects. The conditions for the successful choice of the IR modeling technology and the group of object properties are given, which are used to identify the IR properties from the standpoint of semiotics. The key stages of IR modeling, the essence, specificity and results of each of them are identified. It is indicated that at the stage of conceptual (descriptive) modeling, a concept is being developed that covers the structure, principles, basic properties and the course of building an IR, tools and methods of forming a system; at the stage of formalized modeling, the essential properties of IR are displayed by graphic and / or mathematical character to categories, at the stage of physical modeling — an experimental check of the operability and adequacy of the created RR models by developing a physical RR model, which is a combination of the structure, means and methods of the reduced full-scale display of RR. It is noted that the modeling of IR is of particular importance in multilevel controlled systems, since it acts as a factor for reducing uncertainty in solving problems of the formation, improvement and use of heterogeneous IR.

Keywords: information resources, information, information system, modeling, model.

Зайцев Дмитрий Сергеевич

Аспирант, ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина»
dimanz1997@bk.ru

Аннотация. В статье анализируется специфика моделирования информационных ресурсов (ИР). Выявляются понятие, сущность и роль ИР, их содержательные признаки и свойства, такие как массивность, систематизированность, фундаментальная и материальная ценность. Указывается важность создания единой системы применения ИР для их эффективного использования вне зависимости от вида. Рассматриваются понятие, содержание и общие принципы процесса моделирования, анализируется процесс моделирования ИР. Определяется роль ИР в моделировании предметной области информационной системы, обозначаются общие границы их применения, такие как статичность моделей и отсутствие моделирования поведенческих аспектов. Приводятся условия успешного выбора технологии моделирования ИР и группы свойств объектов, используемые для идентификации свойств ИР с позиции семиотики. Выявляются ключевые этапы моделирования ИР, сущность, специфика и результаты каждого из них. Обозначается, что на этапе концептуального (дескриптивного) моделирования осуществляется проработка концепта, охватывающего структуру, принципы, базовые свойства и ход построения ИР, инструменты и методы формирования системы, на этапе формализованного моделирования — отображение существенных свойств ИР графическими и/либо математическими средствами по имеющим инновационный характер категориям, на этапе физического моделирования — экспериментальная проверка работоспособности и адекватности созданных моделей ИР посредством разработки физической модели ИР, представляющей собой совокупность структуры, средств и методов редуцированного натурального отображения ИР. Отмечается, что моделирование ИР приобретает особую значимость в многоуровневых управляемых системах, поскольку выступает фактором снижения неопределённости при решении задач по формированию, совершенствованию и использованию разнородных ИР.

Ключевые слова: информационные ресурсы, информация, информационная система, моделирование, модель.

Введение

ИР представляют собой суммарный объём данных и знаний, накопленных и используемых всеми агентами информационной системы и выступают ключевым ресурсом достижения целей этой системы [1]. В то же время ИР отличаются значительным объёмом, не поддающимся строгой и точной количественной оценке, что осложняет и существенно снижает эффективность их применения. Решением этой проблемы является разработка и внедрение моделей ИР, представляющих собой совокупность информации, которая характеризуется существенными свойствами и состоянием системы, и её взаимосвязью с внешним миром [2]. Моделирование ИР даёт возможность качественно изменить процессы организации и управления в информационных системах, что делает актуальным изучение его особенностей.

Целью работы является изучение специфики моделирования ИР. Для её достижения были использованы методы анализа и синтеза научных публикаций и литературных источников по рассматриваемой теме.

Сущность и свойства информационных ресурсов

ИР представляет собой совокупность накопленных данных, закреплённых на материальном носителе в любом виде, обеспечивающем его пространственно-временную передачу для решения управленческих, производственных, научных и иных задач [3].

ИР присущ ряд специфических свойств, которые принципиально отличают их от традиционных ресурсов — финансовых, материальных, трудовых и энергетических. ИР обладают следующими содержательными признаками и качествами [4]:

1. Массивность. ИР не может являться отдельной единицей информации, всегда представляя собой массивы данных.
2. Системность. ИР всегда систематизированы, то есть распределены по ряду критериев в соответствии с присущими им потребительскими свойствами и логически взаимосвязаны.
3. Фундаментальная ценность. Данное свойство ИР позволяет рассматривать их в качестве блага, обладающего незаменимыми качествами. Проявление фундаментальной ценности ИР возможно в таких составляющих, как знания, нематериальные активы, обеспечение принятия решений и культурно-духовные ценности.
4. Материальная ценность. Заключается в возможности материального оценивания с позиции качества и объёма данных.

В современных условиях для интегрирования и эффективного использования всех видов ИР необходимо создание единой системы их применения, для разработки которой требуется решение задач идентификации ИР по структурной организации, предметным областям знаний, источникам данных и другим отличительным признакам [5]. В основе создания такой системы лежит разработка виртуального банка ИР как совокупности математических моделей на базе современных информационных технологий. Синтез такой системы подразумевает системный анализ и моделирование используемых ИР.

Моделирование информационных ресурсов

Моделирование представляет собой средство представления системы в некоей форме, отличающейся от формы её реального существования, целью которого является объяснение и понимание сущности рассматриваемых объектов [6]. Модель является инструментом, посредством которого возможно логически спрогнозировать результаты различных альтернативных действий для их сравнения и выбора оптимального. В основе моделирования лежат следующие принципы:

- ◆ целенаправленность и действенность процесса создания и применения моделей;
- ◆ множественность моделей;
- ◆ адекватность создаваемых моделей;
- ◆ открытость и полнота всех моделей;
- ◆ стратификация комплекса моделей.

При создании моделей ИР широко используется аналитическое моделирование, представляющее собой процесс формирования логического объекта, замещающего реальный и выражающего его основные свойства посредством определённой символьной системы. Наиболее употребляемой разновидностью аналитического моделирования является математическое моделирование, позволяющее исследовать характеристики ИР математическими методами с использованием математической модели, вид которой зависит от природы ИР и задач исследования.

ИР играют важную роль в моделировании предметной области информационной системы, представляя её статическую модель и характеризуя текущее состояние (кроме случая темпоральных баз данных, дающих возможность представлять динамику предметной области) [7]. Также в наиболее распространённых классах моделей (помимо объектных) ИР не моделируют поведенческие аспекты системной предметной области, поскольку выполнение данной функции осуществляется компонентами приложения информационной

системы. В случае моделирования управляемых систем ИР включают базу данных, систему по её управлению и совокупность приложений, предназначенных для решения ряда задач, сопряжённых со сбором, анализом и агрегированием первичных сведений с целью изучения отдельных процессов [8].

Рациональное построение и развитие моделей ИР обеспечивается реализацией технологии моделирования ИР, являющейся совокупностью логически взаимосвязанных этапов [9]. Успешность выбора технологии моделирования ИР и её воплощения в значительной степени определяется идентификацией свойств ИР, которая может быть выполнена с позиции семиотики, согласно которой выделяется три группы свойств объектов:

- ◆ семантические — отражают содержание моделируемого ИР и выступают определяющими для свойств прочих групп;
- ◆ синтаксические — определяют подход к построению и отображению структуры ИР и механизм взаимодействия формирующих структуру ИР компонентов;
- ◆ прагматические — указывают на степень ценности, полезности и вероятной практичности использования ИР и лежат в основе определения целесообразности решения задач моделирования ИР и выбора оптимального метода реализации.

Можно выделить следующие этапы моделирования ИР [10]:

1. Концептуальное (дескриптивное). На этом этапе прорабатывается концепт, охватывающий структуру, принципы, базовые свойства и ход построения ИР, инструменты и методы формирования системы и прочее. В результате концептуального моделирования создаётся дескриптивная модель, являющаяся совокупностью существенных характеристик ИР и отображаемая средствами естественного языка. Перед моделированием проводится формулирование предъявляемых к системе априорных требований, необходимых для обозначения структурных и функциональ-

ных особенностей построения системы, режимов взаимодействия и способов подсистемной взаимосвязи.

2. Формализованное. Представляет собой развитие этапа дескриптивного моделирования и проводится по имеющим инновационный характер категориям. Формализованная модель является отображением существенных свойств ИР графическими и/либо математическими средствами. В число последних входит широкий спектр математических теорий, таких как математическая статистика, теория вероятностей, теория графов, теория множеств, математическая логика и прочие.
3. Физическое. Этот этап призван обеспечить экспериментальную проверку работоспособности и адекватности созданных моделей ИР. Для его реализации разрабатывается физическая модель ИР, представляющая собой совокупность структуры, средств и методов редуцированного натурального отображения ИР. Уменьшение физической модели осуществляется гармонизировано, с сохранением только тех свойств, которые были причислены к разряду существенных.

Заключение

ИР являются основой процесса информационного обеспечения современной деятельности и развития информационного общества. Моделирование ИР выступает одним из наиболее эффективных путей исследования систем, играет большую роль в решении задач управления ИР и становится особенно актуальным с расширением номенклатуры ИР и увеличения объёмов информации. Особую значимость моделирование ИР приобретает в многоуровневых управляемых системах, поскольку выступает фактором снижения неопределённости при решении задач по формированию, совершенствованию и использованию ИР, отличающихся содержательными, организационными, информационными и иными характеристиками, которые требуется унифицировать с целью учёта, систематизации и интеграции ИР для повышения эффективности их дальнейшего применения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Искандеров Ю.М. Особенности моделирования управления информационными ресурсами транспортных систем / Ю.М. Искандеров, М.Б. Ласкин, А.С. Чумак, Д.С. Хасанов // Системный анализ в проектировании и управлении: сборник научных трудов XXIV Международной научной и учебно-практической конференции: в 3 ч. — СПб., 2020. — С. 250–257.
2. Гуламов М.И. О множестве информационных моделей // *Universum: технические науки*. — 2020. — № 5–1 (74). — С. 14–17.
3. Кожевникова Г.П. Информационные системы и технологии в маркетинге: учеб. пособие для вузов / Г.П. Кожевникова, Б.Е. Одинцов. — М.: Изд-во Юрайт, 2021. — 444 с.
4. Информационные технологии в юридической деятельности: учеб. для академ. бакалавриата / П.У. Кузнецов [и др.]; под общ. ред. П.У. Кузнецова. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во Юрайт, 2019. — 325 с.

5. Блюмин А.М. Мировые информационные ресурсы: учеб. пособие для бакалавров / А.М. Блюмин, Н.А. Феоктистов. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Дашков и К, 2016. — 384 с.
6. Моделирование процессов и систем: учеб. и практ. для вузов / Е.В. Стельмашонок, В.Л. Стельмашонок, Л.А. Еникеева, С.А. Соколовская; под редакцией Е.В. Стельмашонок. — М.: Изд-во Юрайт, 2021. — 289 с.
7. Коголовский М.Р. Перспективные технологии информационных систем / М.Р. Коголовский. — 2-е изд. — М.: ДМК Пресс, 2018. — 287 с.
8. Шведенко В.Н., Веселова Н.С. Моделирование информационных ресурсов при процессной организации системы управления предприятием // Программные продукты и системы. — 2014. — № 4. — С. 260–264.
9. Исаев Г.Н. Моделирование информационных ресурсов: теория и решение задач: учеб. пособие для вузов / Г.Н. Исаев. — М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2012. — 223 с.
10. Исаев Г.И. Информационные системы в экономике: учеб. для вузов / Г.Н. Исаев. — 6-е изд., стер. — М.: Изд-во «Омега-И», 2013. — 462 с.

© Зайцев Дмитрий Сергеевич (dimanz1997@bk.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина

КОМПЬЮТЕРНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ КАНДИДАТОВ НА ДОЛЖНОСТЬ В ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Лукьянов Леонид Михайлович

Аспирант, Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)
lev06191972@yandex.ru

COMPUTER TESTING OF CANDIDATES FOR JOB POSITION BASED ON NEURAL NETWORKS

L. Lukyanov

Summary. The purpose of the study is to develop an approach to computer testing of candidates for a position in an organization using artificial neural networks technology. The problem of the increasing complexity of finding the most effective candidates for a position at the present time, due to the excess of demand over supply in the labor market, is outlined. The existing neural network approaches to assessing candidates for a position have been analyzed. An approach to computer testing of candidates for a position in an organization is described, which uses the technology of artificial neural networks for direct assessment of test results, which takes into account not only the correctness of answers to questions, but also the nature of the candidate passing the test. The set of input data on passing the test by the candidate is described, which is taken into account by the developed system. An algorithm for processing test results is described. It also describes a set of outputs reflecting the degree to which a candidate meets the requirements of the position for which he is applying.

Keywords: testing, candidate for a position, performance assessment, neural networks.

Аннотация. Цель исследования заключается в разработке подхода к компьютерному тестированию кандидатов на должность в организации с применением технологии искусственных нейронных сетей. Обозначена проблема возрастающей сложности поиска наиболее эффективных кандидатов на должность в настоящее время, в связи с превышением спроса над предложением на рынке труда. Проанализированы существующие нейросетевые подходы к оценке кандидатов на должность. Описан подход к компьютерному тестированию кандидатов на должность в организации, использующий технологию искусственных нейронных сетей для непосредственной оценки результатов тестирования, который учитывает не только корректность ответов на вопросы, но и характер прохождения теста кандидатом. Описан набор входных данных о прохождении кандидатом теста, который учитывается разрабатываемой системой. Описан алгоритм обработки результатов тестирования. Также описан набор выходных данных, отражающих степень соответствия кандидата требованиям той должности, на которую он претендует.

Ключевые слова: тестирование, кандидат на должность, оценка эффективности, нейронные сети.

Введение

Как только человечество изобрело наёмный труд, работодатели начали стремиться к поиску лучших кандидатов на вакантные должности. Также работодателей заботило то, насколько качественно выполняют свои обязанности уже нанятые сотрудники. Эти вопросы привели к разработке методик оценки кандидатов на должность, а также действующих сотрудников организаций. Среди наиболее популярных мето-

дик можно выделить анализ портфолио, собеседование и анкетирование.

Портфолио представляет собой перечень достижений кандидата, на основании которых можно судить о его профессиональной пригодности. Достижения должны быть документально оформлены, либо в устной форме с возможностью их подтверждения. В требованиях к должности может быть указан требуемый список достижений кандидата на должность, без кото-

рого его кандидатура не будет рассматриваться, также иногда обозначаются необязательные достижения, которые, тем не менее, являются преимуществом при найме.

Анкетирование — это метод сбора данных о кандидате с помощью заранее сформированного списка вопросов.

Собеседование представляет собой метод сбора данных о кандидате посредством диалога с представителем организации, называемого интервьюером. Интервьюер может задавать как устные вопросы, так и проводить тестирование кандидата на предмет выявления его знаний, умений и навыков. Зачастую используется комбинация всех этих трёх методов.

Традиционно оценка эффективности кандидатов проходила по большей части вручную. Однако в настоящее время наблюдается повышенное предложение на рынке труда, в связи с чем, поиск квалифицированных кадров становится всё более затруднительным [1]. Таким образом, поиск нужных кандидатов ручными методами становится всё более сложной задачей.

С развитием компьютерных технологий появились новые способы оценки эффективности кандидатов на должность и действующих сотрудников. Например, начало активно внедряться компьютерное тестирование, электронные резюме и онлайн-собеседования. Новый виток развития технологий оценки эффективности сотрудников и кандидатов начался с развитием искусственных нейронных сетей. Однако при этом до сих пор не выработан общепринятый подход к тестированию кандидатов на должность на основе нейросетевых технологий, о чём говорят результаты последних научных исследований в данной области.

Целью данного исследования является описание подхода к компьютерному тестированию кандидатов на должность и оценки результатов этого тестирования с применением технологии искусственных нейронных сетей (ИНС). При этом необходимо понимать, что отнюдь не для каждой профессии целесообразно организовывать компьютерное тестирование кандидатов на должность. Так в рамках данного исследования будет рассматриваться компьютерное тестирование исключительно категории работников интеллектуального труда. Определение термина «работник интеллектуального труда» детально рассмотрено в [5]. Выбор такой категории обусловлен тесной связью подобных работников с информационными технологиями: необходимостью обрабатывать информацию, создавать новую информацию на основе имеющихся данных, используя способности мышления.

1. Описание структуры компьютерного теста

Кандидат на должность должен пройти тест, представленный в виде компьютерной программы. Тест представляет собой совокупность вопросов, ответы на которые прямо или косвенно выявляют компетентность кандидата и его личностные качества. Администратор тестов — лицо, отвечающее за формирование тестовых вопросов, осведомленное о том, какая область деятельности у организации и какие компетенции необходимо проверять у кандидатов на ту или иную должность. Допускаются вопросы различных типов, к которым относятся следующие:

- ◆ вопросы с выбором единственного ответа;
- ◆ вопросы с выбором нескольких ответов;
- ◆ вопросы с вводом правильного ответа;
- ◆ вопросы с развёрнутым ответом;
- ◆ сопоставление.

Вопросы с выбором единственного ответа предполагают, как следует из названия, выбор только одного верного ответа из всех представленных ответов на вопрос. Вопросы с выбором нескольких ответов подразумевают от одного и более верных ответов. При желании администратор тестов может обозначить все ответы как правильные, однако верных ответов должно быть не менее одного.

Вопросы с вводом правильного ответа предполагают ввод текстовой информации в специальное поле ввода. Далее введённая информация проверяется на соответствие с эталонным ответом. В случае, если правильный ответ на тестовый вопрос может быть сформулирован несколькими способами, допускается указание нескольких возможных вариантов эталонного ответа. В таком случае сравнение проходит с каждым эталонным ответом до тех пор, пока не будет найдено совпадение.

Вопрос с развёрнутым ответом является разновидностью вопроса с вводом ответа за тем исключением, что у первого эталонный ответ отсутствует.

Сопоставление представляет собой задание на определения соответствий между элементами двух различных множеств X и Y . Элементу из множества X соответствует только один элемент из множества Y , притом размер множества X может быть больше размера множества Y , однако не рекомендуется делать подобное различие больше, чем на два элемента. Кандидат должен указывать, какому элементу множества Y соответствует тот или иной элемент множества X .

Общее количество тестовых вопросов, количество вопросов того или иного типа, а также содержание вопросов определяется администратором тестов.

Группа вопросов может быть сгруппирована в один раздел. При открытии раздела кандидату на мониторе отображаются сразу все вопросы из данного раздела. Открыть раздел можно как беспрепятственно, так и после выполнения определённого процента заданий в другом или в других разделах. Все эти условия задаются администратором тестов.

Кандидат проходит тест, используя клавиатуру и мышь в качестве устройств ввода.

2. Измеряемые параметры теста

После завершения тестирования кандидата мы имеем набор данных, описывающих характер прохождения теста. Каждый из параметров необходимо представить в виде числового значения для последующей обработки искусственной нейронной сетью. Ниже представлено описание всех подобных параметров.

Удельный вес тестового вопроса. Каждому из вопросов присваивается удельный вес. Удельный вес представляет собой некий числовой коэффициент, означающий баллы, которые получает кандидат в случае верного или частично верного ответа на вопрос. Удельный вес присваивается каждому вопросу администратором тестов. Допустимый диапазон весов — от 1 до 11. Администратор тестов может назначить любой из доступных весов для любого из вопросов, однако каждому вопросу обязательно должно быть присвоено хотя бы одно значение веса.

Процент выполнения теста. Пусть d_i — баллы, полученные за i -ый вопрос теста, d_t — максимально возможная сумма баллов за весь тест, n — число тестовых вопросов. Тогда процент выполнения теста вычисляется по формуле:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{d_t} \quad (1)$$

Является главной характеристикой оценки кандидата по результатам тестирования, поскольку напрямую связана с проверкой знаний, умений и навыков кандидата.

Время тестирования. Временем тестирования считается промежуток времени в секундах, определяемый как разница между ожидаемым временем выполнения теста, заданным в настройках администратором тестов (t_a), и фактическим временем прохождения теста кандидатом (t_e).

$$T = t_e - t_a \quad (2)$$

Существует два возможных сценария развития действий в случае, если кандидат не закончил выполнение

теста за отведённое ему время. В первом сценарии выполнение теста принудительно завершается, и происходит подсчёт баллов только по тем вопросам, на которые кандидат успел дать ответ. Во втором сценарии кандидат по-прежнему может выполнять тест, однако ему будут начисляться, так называемые, штрафные баллы за превышение заданного времени выполнения теста. В обоих случаях фиксируется невыполнение кандидатом теста за отведённый срок в булевой переменной, которая подаётся на вход искусственной нейронной сети. Администратор тестов выбирает любой из этих сценариев при проектировании теста.

В случае если кандидат слишком быстро справился с заданием, и при этом он давал верные ответы на большинство тестовых вопросов, появляется подозрение в списывании ответов. Здесь возможны два сценария. В первом сценарии кандидату будет предложено ответить на дополнительный вопрос, аналогичный любому из тех, на которые был дан ответ за промежуток времени. Дополнительный вопрос составляется администратором тестов. Дополнительные вопросы могут быть заданы кандидату только в приведённом случае. Во втором сценарии кандидат проходит тест в обычном режиме, но сотруднику отдела кадров выводится сообщение о возможном списывании кандидатом ответов. Далее сотрудник отдела кадров должен самостоятельно решить вопрос возможного списывания.

Отклонение от заданного администратором тестов порядка ответов на вопросы. Администратор тестов группирует тестовые задания в определённом порядке. Однако кандидат не обязан ему следовать и волен отвечать на тестовые вопросы в любом, удобном ему порядке. Данный параметр определяет характер ответов на тестовые вопросы, уникальный для конкретного кандидата. Параметр является комплексным и представляется в виде отдельных компонентов, отражающих различные зависимости между порядком ответа на вопросы и следующих компонентов:

Объём печатных знаков в формулировке. Представлен в виде дискретной функции, где в качестве независимой переменной выступает очередность ответа на вопрос, в качестве зависимой переменной — число печатных знаков в формулировке вопроса. Далее вычисляется средняя величина промежутков монотонного возрастания функции. Если кандидат изменил ответ на один из вопросов, то значение функции для данного вопроса переносится в конец временного ряда со своего изначального положения.

Вопросы определённого типа. Принцип изменения этой характеристики отличается, он аналогичен предыдущему, только вместо зависимой переменной

используется метка, означающая тип тестового вопроса.

Характер движения компьютерной мыши. Поскольку в ходе решения теста предполагается использование компьютерной мыши, можно анализировать данные о перемещениях курсора мыши на мониторе компьютера. Представлен в виде трёхмерной функции, где в качестве независимой переменной выступает время, а в качестве зависимых — относительные координаты мыши на экране. Вычисляется длина вектора координат в каждую секунду с начала и до конца прохождения теста по следующей формуле:

$$l = \sqrt{t_i^2 + x_i^2 + y_i^2} \quad (3)$$

где t — время в секундах, прошедшее с начала теста, x — нормализованная координата монитора по оси абсцисс, y — нормализованная координата монитора по оси ординат.

Для совокупности измерений длин этих векторов вычисляются статистики: среднее арифметическое, медиана, минимальное и максимальное значение, дисперсия.

3. Искусственная нейронная сеть

3.1. Структура

После завершения тестирования и извлечения необходимых параметров, происходит обработка полученных результатов с помощью искусственной нейронной сети (ИНС).

ИНС представляет из себя совокупность элементарных сущностей, узлов, в рамках которых хранятся числовые данные, а также каналов связи между ними, по которым данные передаются от одного узла к другому. Каждый из узлов выполняет определённую роль. В зависимости от этой роли узлы разделены на уровни, называемые слоями. В ИНС, используемой в настоящей работе, присутствуют следующие слои:

- ◆ **Входной слой.** Узлы, в которых записаны данные, подаваемые на вход, представленные в числовом виде;
- ◆ **Скрытый слой.** Узлы, в которых записаны данные, полученные непосредственно после обработки входных данных;
- ◆ **Выходной слой.** Узлы, в которых записаны выходные данные ИНС.

Также в ИНС присутствуют каналы связи между узлами различных слоёв. Узлы одного слоя друг с другом

не связаны. Каждому каналу связи присваивается определённое число, называемое весовым коэффициентом.

3.2. Обработка данных

Данные, записываемые в узлы скрытого слоя и выходного слоёв, вычисляются по формуле

$$S = \sum_{i=1}^n x_i \omega_i \quad (4)$$

где n — число входов узла, x_i — значение i -го входа узла, ω_i — вес i -го связи.

Полученное значение S подаётся на вход сигмоидальной функции

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-ax}} \quad (5)$$

где a — константа, задаваемая произвольным образом в диапазоне $(0, 1)$.

После чего значение функции передаётся далее в узлы следующего слоя или непосредственно на выход ИНС.

Данные, находящиеся в каждом узле, умножаются на весовые коэффициенты соответствующего канала связи. После чего полученные результаты суммируются и передаются в следующий слой в соответствии с каналами связи.

3.3. Обучение ИНС

Для того чтобы нейронная сеть смогла выносить решения на основании поданных на вход данных, необходимо провести предварительную настройку параметров нейронной сети, называемую обучением ИНС. Обучение ИНС — это процесс корректировки её весовых коэффициентов, после которого ИНС должна выдавать более точные результаты. Изначально весовые коэффициенты ИНС задаются случайным образом в диапазоне (от чего? до чего?), однако в процессе обучения коэффициенты изменяются, в результате чего работа ИНС будет более точной.

Существуют различные подходы к обучению ИНС, в том числе метод обучения «с учителем». Данный метод представляет собой разновидность контролируемого обучения ИНС. Суть метода заключается в том, что результаты обучения ИНС контролируются на предмет соответствия определённым требованиям качества. А поскольку сама методика оценки знаний, умений и навыков кандидата на должность в организации основывается на сравнении неких характеристик кандидата с эталонными значениями, то использование обучения ИНС «с учителем» в рамках данной работы видится наи-

более рациональным. Рассмотрим подробнее принцип обучения ИНС с учителем.

Достигается это следующим образом. Формируются комбинации входных данных и соответствующих им наборов выходных данных. Далее каждый из наборов входных данных проходит обработку нейронной сетью. Полученный результат сравнивается с ожидаемым набором выходных данных. В случае расхождения результатов происходит корректировка весовых коэффициентов ИНС по алгоритму обратного распространения ошибки.

Алгоритм обратного распространения ошибки позволяет производить корректировку весовых коэффициентов ИНС в случае несоответствия фактических и ожидаемых выходных данных для данного набора входных данных.

$$E(\omega) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^p (y_j - d_j)^2 \quad (6)$$

где y_j — значение j -го выхода нейросети, d_j — целевое значение j -го выхода, p — число узлов в выходном слое.

3.4. Выходные данные ИНС

На выходе ИНС выдаёт следующий набор данных:

Эффективность. Числовой параметр, определяющий общую эффективность кандидата на основе результатов выполнения заданий компьютерного тестирования. Представлен в диапазоне [0, 1].

Компетентность. Числовой параметр, определяющий степень выраженности у кандидата навыков, необходимых для выполнения предстоящих рабочих задач. Представлен в диапазоне [0, 1].

Раздражительность. Числовой параметр, определяющий степень психической раздражительности кандидата. Измерение раздражительности нужно для прогнозирования того, насколько часто кандидат будет проявлять повышенную психическую активность.

Заключение

Описан способ оценки результатов тестирования кандидатов на должность в организации на основании технологии ИНС. Проработаны необходимые входные данные тестирования. Сформулирован набор выходных данных, на основании которых возможно принятия решения о предоставлении кандидату на должность предложения о сотрудничестве. Исследование имеет практическую значимость, состоящую в выработке способа тестирования кандидатов и оценки результатов данного тестирования, которые могут найти применения в организациях, заинтересованных в найме новых сотрудников. Однако для реализации всего потенциала данной технологии необходимо провести дополнительные исследования, направленные на увеличение числа входных параметров ИНС, в том числе, параметров, связанных с портфолио и анкетированием кандидата, что в теории способно дать прирост точности определения эффективности кандидатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дефицит специалистов на рынке труда в 2019 году [Электронный ресурс]: заметка / URL: <https://center-yf.ru/data/Kadroviku/deficit-specialistov-na-rynke-truda-v-2019-godu.php> (дата обращения: 08.10.2021)
2. Розенблатт Ф. Принципы нейродинамики: Перцептроны и теория механизмов мозга [Текст] Ф. Розенблатт. — М.: Мир, 1965. — 478 с.
3. Тибилова Т.М., Кузьмин В.А. Как качественно оценить человека. Настольная книга менеджера по персоналу [Текст]: руководство / Т.М. Тибилова, В.А. Кузьмин. — СПб: Питер, 2010. — 220 с.
4. Д. Келлехер, Б. Тирни Наука о данных. Базовый курс [Текст]: курс / Келлехер Д., Тирни Б. — М.: Альпина Паблишер, 2020. — 222 с.
5. Горбачевская Елена Николаевна, Леонидов Александр Владимирович Модель нейронной сети для рейтинговой оценки компетентности сотрудников // Вестник ВУиТ. 2015. № 1 (23).
6. Зинченко Алексей Алексеевич Количественное моделирование процесса подбора персонала // Управленческие науки. 2015. № 3.

© Лукьянов Леонид Михайлович (lev06191972@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА ПЛАГИНА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ КОМБИНАТОРИКИ

DEVELOPMENT OF A PLUGIN FOR CREATING GRAPHIC ELEMENTS BASED ON COMBINATORIAL THEORY

A. Murtazina

Summary. Data visualization is currently a very active and important subject in research, education and product development. The emergence of new problems in the field of visualization prompted research and the need to create complex methods of processing, analysis and visualization of data, as well as the development of effective human-computer interaction to solve urgent scientific and social problems. The article discusses the methods and tools for creating graphical information, describes their capabilities and disadvantages. The concept of creating a plug-in for the graphical editor Inkscape, which allows generating graphic elements based on combinatorial methods, is proposed, parts of the program code are given, and the results of the work are shown. In the conclusion of the article, possible trends in the field of visualization are formulated.

Keywords: visualization, plugin, binomial coefficient, Inkscape, SVG, Python.

Муртазина Альфия Рустямовна

*К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия
aly1029@yandex.ru*

Аннотация. В настоящее время визуализация данных является очень активным и важным предметом в области исследований, образования и разработки продуктов. Появление новых задач в области визуализации подтолкнуло к исследованиям и необходимости создания комплексных методов обработки, анализа и визуализации данных, а также разработке эффективного взаимодействия человека и компьютера для решения актуальных научных и социальных проблем. В статье рассматриваются способы и инструменты создания графической информации, описаны их возможности и недостатки. Предложена концепция создания плагина для графического редактора Inkscape, позволяющего формировать графические элементы на основе методов комбинаторики, приведены части программного кода, показаны результаты работы. В заключении статьи сформулированы возможные тенденции в области визуализации.

Ключевые слова: визуализация, плагин, число сочетаний, Inkscape, SVG, Python.

С наступлением эпохи цифровой трансформации анализ, сбор и визуализация больших объемов данных стали насущной необходимостью для развития информационных технологий. Увеличение объемов информации привело к созданию больших данных, что усложняет процессы анализа, поиска закономерностей, выявления тенденций [1]. Все перечисленные задачи могут быть решены с помощью визуализации данных, представленных в удобной форме: диаграмм, карт, иллюстраций и т.п.

Хорошая инфографика может помочь аудитории разобраться в сложных цифрах или тенденциях, правильно интерпретировать факты и цифры. Визуализация данных относится к передовой технологии, которая использует графику, обработку изображений, компьютерное зрение, пользовательский интерфейс и другие методы для визуальной интерпретации данных с помощью графиков, моделей, дисплеев и анимации.

Основная цель визуализации данных — эффективно передать четкую и понятную информацию с помощью графических средств, при этом необходимо не только создавать эстетичную форму, но и учитывать смысловую нагрузку.

Единого универсального алгоритма для создания графики не существует, поскольку её актуальность и эффективность зависят от бренда, аудитории и использованной информации, на основе которой она разрабатывалась. Получить необходимую графическую информацию можно разными способами, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки. При создании инфографики необходимо помнить, что нельзя просто взять и использовать любое изображение, найденное в Интернете, потому что оно может быть защищено законами об авторских правах. Следует комбинировать несколько автономных изображений, использовать обработку (изменение цвета, кадрирова-

Таблица 1. Сравнение способов получения графической информации

Способ получения	Характеристика			
	Время, час	Уникальность, %	Требуемые инструменты	Анимация
Фотография	4	90	Фотоаппарат + ПО	Нет
Графический редактор	2–5	90	Планшет + ПО	Да
Базы иллюстраций	2	25	ПО	Да
Комбинирование	2	80	ПО	Да
Специальные средства визуализации	2	50	ПО	Нет*

*Существуют ресурсы, поддерживающие создание анимации, но большая часть рассчитана на статичные графики

ние и т.п.). В таблице 1 приведено сравнение способов получения графической информации по трем характеристикам.

Одним из простых способов визуализации данных является использование электронных таблиц и презентаций. Возможности Excel позволяют создавать известные типы диаграмм, такие как: круговые, пузырьковые, гистограммы, линейная, карты и другие. Повысить уникальность и смысловую интерпретацию полученной графической информации можно с помощью поясняющих элементов: логотипы, упрощенные изображения понятий и т.п. Для этих целей следует использовать остальные способы, перечисленные в таблице 1.

Еще одна область применения графических элементов — разработка эскизов: одежда, обувь, узор на ткани, мебель и т.д. Основная задача — создание эргономичный удобных и стильных товаров. Дизайнеру требуется подобрать правильное сочетание элементов и цветов, отвечающие требуемым характеристикам и запросам большинства людей. На первом этапе необходимо предложить набор разнообразных эскизов изделий, имеющих некоторые отличия. Из предложенного множества вариантов можно выбрать подходящие и приступить к анализу дизайнерского решения.

Наибольший интерес из способов получения графической информации, указанных в таблице 1, представляют комбинирование и специальные средства визуализации.

В работе [2] показано, что использование методов комбинаторики позволяет создать модельный ряд изделий. Кроме того, можно получить нестандартные решения, как по форме объекта, так и цветовой гамме.

На сегодняшний момент разработано множество специализированных инструментов визуализации: программы, онлайн сервисы и библиотеки.

Последние требуют навыков программирования, но обладают большим потенциалом: применение тепловых карт и настройка разной цветовой гаммы (в том числе и градиент); использование анимации; создание 3D. К сожалению, у большинства людей, которые занимаются созданием графики, отсутствует опыт программирования, поэтому они могут использовать только стандартные средства с готовым набором функций.

Онлайн сервисы позволяют решать однотипные задачи, поскольку используют готовые шаблоны, их функциональные возможности зависят от платформы и обычно включают: создание графических примитивов, добавление текста, работу с цветом (редко доступен градиент), использование шаблона, сохранение проекта (часто векторный формат поддерживается для платного аккаунта), использование библиотеки иллюстраций. Кроме того, часто подобные сервисы могут допускать ошибки в генерации графиков, вводя в заблуждение людей из-за неправильно подобранного цвета, формы, размера и пространственной ориентации [3].

По сравнению с онлайн сервисами графические редакторы обладают более широкими возможностями по работе с цветом и контуром объекта. Кроме того, для некоторых из них можно расширить функциональные возможности с помощью дополнений, написанных на скриптовых языках, таких как Python. В отличие от библиотек визуализации, дизайнеру не требуется навыки программирования, поскольку ему необходимо установить уже готовую надстройку в графический редактор.

Создание графических элементов на основе методов комбинаторики в перечисленных инструментах визуализации затруднительно. Выполнение описанной задачи в графических редакторах и онлайн сервисах сводится к рутинным операциям и лишает возможности сосредоточиться на творческом процессе. Использо-

ние библиотек требует знаний языка программирования и будет привязано к конкретному изображению, т.е. его можно применять для создания таких же объектов. Очевидно, что требуется автоматизировать этап создания комплекта изображений: создать специальный инструмент для манипулирования изображениями. Поскольку требуется преобразовывать отдельные элементы изображения, то необходимо работать с данными, которые должны хранить следующую информацию:

- ◆ положение точек объекта в пространстве;
- ◆ цветовые решения (сплошное/градиент/случайное/предустановленная палитра);
- ◆ связи с объектом трансформации (точка/линия/объект);
- ◆ вид(ы) трансформации (смещение, поворот, масштабирование и т.п.);
- ◆ связи относительно других объектов (если показан объект А, то необходимо показать объект Б).

Приведенная структура достаточно сложна в реализации, возможно, её применение потребует от пользователя дополнительных знаний и большего времени в освоении. Однако, большая часть требуемой информации находится на слое, поэтому его можно использовать для создания плагина, выполняющего визуализацию по определенным правилам: показывает/скрывает части объекта, изменяет его цвет, положение и масштаб, при этом применять правила ко всем частям, а за объект трансформации принять центр рисунка.

Учитывая перечисленные требования и постановку задачи, был выбран графический редактор Inkscapе, для которого можно писать плагины на языке Python.

Основная задача — создание функции, которая реализует метод комбинаторики. На первом этапе требуется сформировать список слоев, из которых будет получено изображение, т.е. сгенерировать возможные сочетания. Для этого следует использовать рекурсивный вызов функции, часть её кода приведена ниже:

```
if idx < len(created_layer):
    recurse_result = recurse_combine(created_layer, idx + 1)
    for item in created_layer[idx]:
        for sub_layer in recurse_result:
            sub_result = [item]
            sub_result.extend(sub_layer)
            result.append(sub_result)
    if len(recurse_result) == 0:
        result.append([item])
    return result
```

Для сформированных списков применяем указанные преобразования, считая точкой преобразования центр всего изображения. Ниже приведена часть кода:

```
centre_x
(centre_x, centre_y) = self.svg.namedview.center
layer = self.svg.append (combine_container)
Transform (translate =(pos_x, pos_y))
//заливка случайным цветом
Fill_color='#%02x%02x%02x%' (randrange(256),
randrange(256), randrange(256)))
```

Согласно формуле из [4] число сочетаний различных комбинаций из m объектов, которые выбраны из множества n различных объектов, и которые отличаются друг от друга хотя бы одним объектом:

$$C_n^m = \frac{n!}{(n-m)!m!}$$

Заметим, что чем больше использовать фрагментов и преобразований, тем больше иллюстраций можно получить.

Следует отметить, что подобный подход позволит создавать интересные решения. На рисунке 1 показана часть изображений, полученных с использованием плагина, при этом каждый ряд сформирован на основе своей библиотеке элементов, которые располагались на отдельных слоях.

Анализ полученных результатов показал, что можно получить и некорректные рисунки. Например, объект перекрывает другой (нижний ряд 3 комбинация), не имеет связей с другими деталями (первый ряд 3 дерево, нижний ряд 1 изображение), получился слишком простой дизайн или слишком сложный, поэтому объект невозможно реализовать.

Результаты экспериментов предложенной концепции автоматизированного создания комплекта изображений показывают, что она позволяет получать графические элементы на основе методов комбинаторики. Уникальность зависит от количества используемых операций и элементов, а время генерации зависит от количества обрабатываемых слоев и применяемых преобразований.

Дефектные изображения получаются из-за отсутствия логических связей между элементами изображений и правилами их вывода. Это связано с выбором упрощённой методики применения комбинаторного подхода. Однако, с точки зрения дизайнера сложно применить понятие «дефектный» к объектам. На первый взгляд, графика кажется ошибочной, но она может послужить вдохновением для дизайнера и помочь создать новое изделие, имеющего нестандартную форму.

С точки зрения функциональных возможностей следует обратить внимание на перспективное направ-

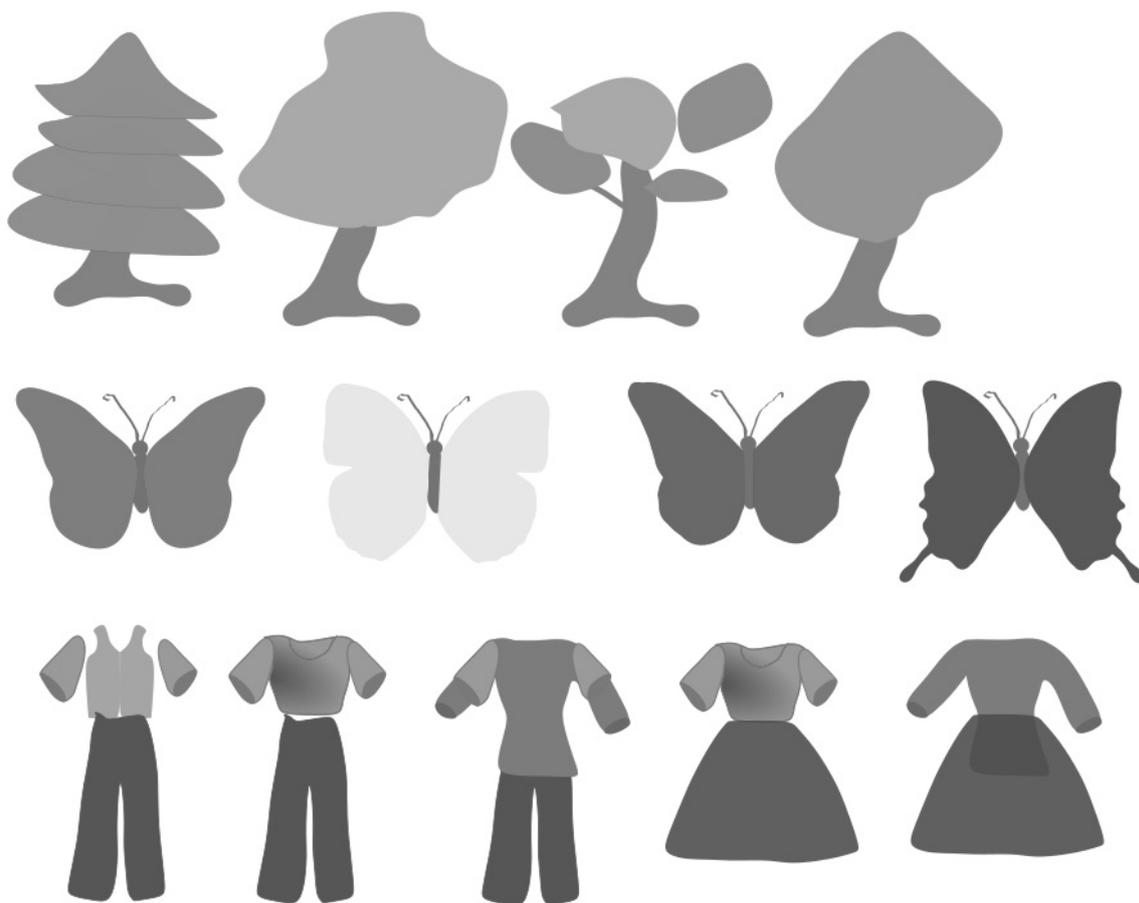


Рис. 1. Пример работы предложенного метода

ление 3D графиков и анимации. Графический редактор Inkscape поддерживает импорт и экспорт файлов в формат SVG (Scalable Vector Graphics), который позволяет внедрять анимацию и может отображаться в браузерах без установки дополнительных программ. Inkscape содержит инструменты для создания и работы с основными геометрическими фигурами, позволяет настраивать визуальные свойства объектов (прозрачность, градиент и т.д.) [5]. Отличительными особенностями редактора являются возможность применения интерактивности, анимация и создание сценариев. Благодаря ECMAScript или JavaScript можно включать обработчики событий для управления рисунком, что позволяет создавать динамическую графику, которую можно размещать на страницах веб-сайта. На сайте разработчика можно скачать дополнения для создания графиков функций (cartesianPlotData2D, inkscapeSlopeField, polarAxes2D и cartesianStemPlot), а в настройках документа можно отобразить направляющие линии аксонометрической сетки, облегчающие проектирование 3D-объектов. Благодаря расширению «*Диаграммы*» можно построить столбчатые и круговые диаграммы на основе CSV файла.

Заключение (Conclusions)

Исследование тенденций визуализации позволяет предугадать дальнейшее развитие:

1. Увеличение смысловой нагрузки на инфографику: создание не только диаграмм, но и интерпретация. Описанную функцию можно решить путем добавления поясняющих текстов, понятных иллюстраций и использования технологий искусственного интеллекта [6], которые поясняют отображаемую информацию. Таким образом возрастет использование дашбордов (dashboard).
2. Использование анимации, переход к интерактивности. Сейчас очень много данных, требующих обработки в режиме реального времени, поэтому инструменты, создающие графики в статичной форме не подходят для решения подобной задачи. Кроме того, большей популярностью пользуются графики, имеющие фильтры, благодаря которым можно изменять и настраивать информацию: выбирать удобную форму представления, указывать разные параметры и т.д. Выходом является использование онлайн сервисов или библиотек,

которые способны работать с хранилищем информации и перестраивать графики по мере изменения данных. Одним из таких ресурсов является графическая библиотека с открытым исходным кодом Plotly Python. Большим преимуществом является возможность добавления пользовательских элементов управления, создание 3D и анимация. Если рассматривать визуализацию Plotly Python с семантической точки зрения, то следует отметить, что предлагаемых инструментов может не хватать для создания законченной инфографики, которая будет понятна широкой аудитории: для графиков требуются пояснения и желательно в форме иллюстраций, которые отражают смысл исследований. Таким образом требуется создание поясняющих данных (иконки).

3. Переход к 3D. Информация в трехмерном представлении выглядит более интересно и реалистично, чем в двухмерном, поэтому пользователь отдаст предпочтение именно 3D. Стоит отметить, что в некоторых случаях не требуется создавать трехмерные модели объектов с тщательной прорисовкой: достаточно создать 2D объект и, применяя инструменты «экструдирование», получить 3D.

4. Инновационные подходы и необычное представление данных. Сложно предугадать развитие инфографики в этом направлении, поскольку здесь все основано на креативном подходе. Привычные шаблоны представления графиков, диаграмм, иконок и других графических объектов в данном случае не будут работать.

5. Использование облачных сервисов, работа в команде через интернет на смартфонах и планшетах. Данный пункт больше подходит для организаций, заинтересованных в анализе информации. В этом случае главная цель визуализации данных — доступное, наглядное представление информации для анализа.

Графический редактор Inkscape обладает необходимыми возможностями, имеет подходящие инструменты и соответствует перечисленным выше тенденциям. Таким образом, предложенное решение на основе методов комбинаторики позволят создавать необычную графику, отвечает современным тенденциям и может быть использовано в области дизайна (разработка эскизов одежды/обуви/мебели) и обработки информации (инфографика).

ЛИТЕРАТУРА

1. Yamin, M. Information technologies of 21st century and their impact on the society. *Int. j. inf. tecnol.* 11, 759–766 (2019). <https://doi.org/10.1007/s41870-019-00355-1>
2. Антонов И.В.: Разработка метода художественного проектирования обуви на основе комбинаторного формообразования дис. ... канд. техн. наук. Моск. гос. ун-т дизайна и технологии, Москва, 2015.
3. Nguyen, V.T., Jung, K. & Gupta, V. Examining data visualization pitfalls in scientific publications. *Vis. Comput. Ind. Biomed. Art* 4, 27 (2021). <https://doi.org/10.1186/s42492-021-00092-y>
4. Дж. Риордан. Введение в комбинаторный анализ. М., 1963. [Перестановки, разбиения, производящие функции.]
5. Электронный ресурс: Сайт программы Inkscape. — <https://inkscape.org/ru> Дата обращения 24.11.2021.
6. Sarker, I.H. Data Science and Analytics: An Overview from Data-Driven Smart Computing, Decision-Making and Applications Perspective. *SN COMPUT. SCI.* 2, 377 (2021). <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00765-8>

© Муртазина Альфия Рустямовна (aly1029@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ИНТЕРНЕТ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ 3D-ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО УКРАШЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ WEBGL И BLENDER

DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF AN INTERNET APPLICATION FOR CREATING 3D VISUALIZATION OF AN INDIVIDUAL DECORATION USING WebGL AND BLENDER

**A. Murtazina
E. Smirnov**

Summary. The rapid development of network technologies and three-dimensional graphics leads to continuous improvement in the provision of services. The article shows a 3D network visualization technology that does not require downloading components, WebGL, which is more important for overcoming difficulties that arise when transferring and downloading data in a network environment, as well as with visualization technology. A brief overview of the virtual three-dimensional graphics engine based on the integration of WebGL and Blender is given, the concept of using these technologies to create an individual decoration according to the user's design is proposed. The stages of plugin development are shown, the application interface is described, and Python code scripts are provided.

Keywords: three-dimensional graphics, PBR (physically based rendering), plugin, network, web resource, Python, VR.

Муртазина Альфия Рустямовна

*К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва
aly1029@yandex.ru*

Смирнов Евгений Евгеньевич

*К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва
evg7162@mail.ru*

Аннотация. Быстрое развитие сетевых технологий и трехмерной графики приводит к постоянному совершенствованию оказания услуг. В статье показана технология сетевой 3D-визуализации, не требующая загрузки компонентов, WebGL, что имеет большее значение для преодоления трудностей, появляющихся при передаче и загрузки данных в сетевой среде, а также с технологией визуализации. Кратко приведен обзор движка виртуальной трехмерной графики на основе интеграции WebGL и Blender, предложена концепция использования этих технологий для создания индивидуального украшения по дизайну пользователя. Показаны этапы разработки плагина, описан интерфейс приложения, приведены скрипты кода на языке Python.

Ключевые слова: трехмерная графика, PBR (physically based rendering), плагин, сеть, веб-ресурс, Python, VR.

Введение

Традиционные технологии Web3D, используемые для реализации трехмерной визуализации, включают VRML, X3D, Java3D и т.д., которые требуют установки подключаемых модулей и компонентов загрузки. Кроме того, перечисленные технологии имеют ряд недостатков: сложная работоспособность и плохая совместимость. Таким образом, реализация среды Web3D, свободной от подключаемых модулей, остается перспективным направлением в развитии сетевого 3D. Появление спецификации WebGL обеспечивает

ускорение 3D-графики без подключаемых модулей для веб-браузеров, с хорошей совместимостью и приемлемыми эффектами рендеринга, что завоевало поддержку многих производителей браузеров. В статье приведена концепция реализации 3D-визуализации украшения по дизайну пользователя в Интернете.

Литературный обзор

Технология 3D-визуализации может обеспечить более интуитивно понятные визуальные эффекты, но традиционная сетевая информационная система (WebGIS)

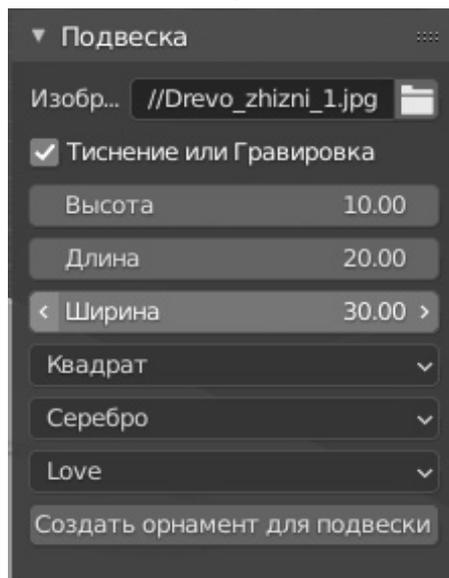


Рис. 1. Интерфейс для плагина

предназначена для разработки двумерных растровых и векторных данных. Поэтому для трехмерной графики из-за ограничений Web3D часто необходимо загружать компоненты или предварительно устанавливать плагины. На этом фоне WebGL имеет три очевидных преимущества:

- ♦ реализует создание 3D-контента с помощью сценариев HTML, при этом не требуется подключение каких-либо модулей;
- ♦ использует оборудование компьютера, обращаясь через стандартный кроссплатформенный интерфейс OpenGL[1], что позволяет ему работать на разных устройствах: персональный компьютер (ПК), смартфон, планшет;
- ♦ может быстро выполнять большое количество вычислений и выполнять рендеринг в режиме реального времени.

Использование WebGL позволяет моделировать трехмерное пространство, но конечный результат должен отображаться на двумерном дисплее. Контекстные отношения, определяемые глубиной, увеличением и уменьшением масштаба в зависимости от рассеяния, должны быть рассчитаны заранее.

Таким образом описанная технология может быть использована для интернет-приложения, позволяющего создавать индивидуальное украшение (кулон/подвеска) на заказ по предложенным рисункам. В данном случае у пользователя появляется возможность посмотреть будущую модель кулона в режиме 3D. Реализовать подобную задачу можно с помощью Blender и WebGL. Первый пакет позволит создать заготовку для изделия и выполнить визуализацию, а второй — реали-

зовать взаимодействие через сайт. Далее опишем шаги по реализации задуманной идеи в предоставлении услуги изготовления украшения.

Материалы и методы

Кратко разработку приложения можно разделить на следующие этапы: создание концепции и прототипа интерфейса, создание 3D-модели объекта и текстуры, переход к WebGL, внедрение на сайт.

На первом этапе разработки приложения необходимо продумать концепцию: описать действия, доступные пользователю; определить функции приложения, указать принимаемые и выдаваемые форматы файлов.

Поскольку планируется предоставить пользователю возможность изменения формы кулона, то необходимо написать дополнение, которое позволит выбирать основу и загружать изображение, являющееся внутренним узором подвески. В этом случае следует рассмотреть два варианта работы с файлом: векторный и растровый форматы. В первом случае наиболее приемлемым является SVG, поскольку он универсален для Интернета, не требует установки дополнительных программ для просмотра. Кроме того, доступно множество онлайн-ресурсов, позволяющих перевести изображение в SVG, в качестве альтернативы можно воспользоваться распространенным графическим редактором. Во втором варианте необходимо выполнить векторизацию растрового изображения. Можно использовать методику, изложенную в статье [2], для получения описания точек контуров будущего изделия.



Рис. 2. Пример работы: а) исходное изображение б) визуализация

Необходимо предусмотреть два метода создания рельефа для заданного рисунка: тиснение и гравировка — оба метода используются для создания глубины в материале. Однако, в то время как стиль гравировки достигается за счет удаления незначительного количества материала, для тиснения используется штамп, который поднимает материал на заданный уровень с помощью 3D-оттиска.

Функция приложения заключается не только в демонстрации 3D-модели, но и её визуализации, наиболее приближенной к реальности. Следовательно, требуется создать библиотеку дополнительных элементов: крепление кулона, варианты типов цепочек из разных материалов. Поскольку вариаций текстур много, поэтому можно выбрать наиболее распространенные из них: серебро, золото. Пользователю необходимо предоставить выбор дополнительных элементов и материалов из имеющейся базы. Исходя из перечисленных требований и функций, был разработан интерфейс приложения, показанный на рисунке 1.

Трудоемкий этап — создание библиотеки необходимых моделей и текстур, а также написание плагина. При моделировании крепления кулона и цепочек использовались разные элементы (BezierCircle, Cube, Plane и др.) и модификаторы (Solidify, Subdivision, Array и др.). При создании текстур за основу была выбрана библиотека Free PBR Texture Library, которая использует метод физически корректной визуализации (physically

based rendering), основанный на трассировке лучей [3]. Он учитывает световые явления, такие как отражение и преломление, для создания реалистичных теней и отражений, а также значительно улучшает полупрозрачность и рассеяние, что позволяет достигнуть реалистичной визуализации. Карты текстур Free PBR Texture Library являются бесшовными, их можно настраивать в зависимости от требуемых задач, так же дополнительные плюсы — распространение под лицензией Creative Commons CC0 License (можно использовать в коммерческих целях) и регулярное обновление базы материалов.

Алгоритм работы скрипта состоит из следующих шагов: ввод информации, преобразование изображения, масштабирование, экструдирование рисунка, построение основы кулона по заданным характеристикам, применение текстур. Плагин содержит инструкции для выбора элементов, построения объектов, приведение к заданным размерам и применение материалов из библиотеки. В коде для меню приложения объявлены переменные, заданы значения по умолчанию и для габаритных размеров указаны ограничения на размер:

```
my_Height: FloatProperty(
    name = "Высота",
    description = "Укажите высоту",
    default = 20.0,
    min = 5.0,
    max = 35.0
)
```

Поскольку на размеры кулона накладываются ограничения, то необходимо выполнить проверку на возможность создания изделия по заданным характеристикам. Кроме того, следует привести к нужному размеру исходное изображение, применив операцию масштабирования.

Далее добавляют форму кулона на основе выбранных параметров, используя один из примитивов. Например, `bpy.ops.mesh.primitive_circle_add(radius=my_radius, enter_editmode=False, align='WORLD', location=(0, 0, 0), scale=(k, k, t))`. После выполняют операцию экструдирования:

```
bpy.ops.mesh.extrude_region_move(MESH_OT_extrude_region={"use_normal_flip": False, "use_dissolve_ortho_edges": False, "mirror": False}, TRANSFORM_OT_translate={"value":(0, 0, my_Height), "orient_type":'GLOBAL', "orient_matrix":((1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1)), "orient_matrix_type":'GLOBAL', "constraint_axis":(False, False, True), "mirror": False, "use_proportional_edit": False, "proportional_edit_falloff":'SMOOTH', "proportional_size":1, "use_proportional_connected": False, "use_proportional_projected": False, "snap": False, "snap_target":'CLOSEST', "snap_point":(0, 0, 0), "snap_align": False, "snap_normal":(0, 0, 0), "gpencil_strokes": False, "cursor_transform": False, "texture_space": False, "remove_on_cancel": False, "release_confirm": False, "use_accurate": False, "use_automerge_and_split": False})
```

Для создания рельефа проверяют флаг «Тиснение или Гравировка» и, в зависимости от выбранного параметра, выполняют: смещение на указанную высоту или используют логический модификатор «Разность», вычитая из основной формы объемный рисунок, полученный путем экструдирования.

На заключительном этапе построения сцены добавляют цепочку, крепление и окружение и на основе выбранных материалов добавляют текстуру к объектам (рис. 2).

При переходе к WebGL следует использовать надстройку Blender4Web, которая позволяет осуществить экспорт в формат JSON, применяемый для создания сложных проектов, требующих программирования. Заключительный этап — внедрение созданного приложения на сайт.

Результаты и обсуждение

Приложение позволяет выбирать из библиотеки основу и материал для будущего изделия и загружать рисунок в формате SVG, являющийся основой кулона. Написанный плагин преобразует загруженный пользо-

вателем файл в 3D-модель с указанными характеристиками: габаритные размеры и материал. Использование преимуществ Blender позволяет визуализировать полученный результат, приближенный к реальности, что поможет заранее оценить вид изделия.

Эксперименты показали, что задача векторизации решается неоднозначно: результат зависит от качества исходного файла и рисунка. Поэтому следует разработать отдельный сервис для создания, редактирования и векторизации изображения. Во-первых, у пользователя будет возможность доработать исходный эскиз. Во-вторых, подобная надстройка позволит избежать ошибочного ввода и построить объект заданной формы.

Со временем, проанализировав спрос, библиотеку объектов можно развить, что позволит расширять диапазон предоставляемых услуг, например, предложить гравировку текстовых надписей или другой тип изделия: брелок, ключницу.

С точки зрения решения функциональных возможностей следует обратить внимание на перспективное направления VR и AR, которые поддерживаются Blender4Web. По словам разработчиков для использования технологий виртуальной реальности в Blender4Web не требуется вносить никаких существенных изменений в само приложение, кроме того, поддерживаются разные методики рендеринга: HMD (head-mounted display; доступна в экспериментальном режиме), SSR (Side-to-side rendering) и анаглиф. Для создания приложений дополненной реальности требуются дополнительные настройки и соответствие определенным системным требованиям: устройство с веб-камерой для запуска приложения и веб-браузер с поддержкой AR [4].

Заключение

В связи с постоянным развитием различных программных и аппаратных технологий, статья предлагает устранить проблему установки плагинов в процессе сетевой 3D-визуализации и использовать метод рендеринга без дополнений. Трёхмерные модели с использованием технологии WebGL можно изменять в режиме реального времени с применением средств браузера, что позволит решить громоздкие этапы загрузки подключаемых модулей, а также выполнение запросов клиентов при обработке сложных изображений или трёхмерных объектов. Эксперименты позволяют сделать вывод, что WebGL подходит в качестве метода реализации внешнего интерфейса сетевой технологии. Так же перспективным является использование Blender4Web, поскольку позволяет применять технологии дополненной и виртуальной реальности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коршунов С.А., Дородных Н.О. Программное средство визуализации на основе библиотеки WebGL. Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2016. № 2. С. 129–136.
2. Муртазина А.Р., Гусев А.О., Костылева В.В., Разин И.Б. Векторизация чертежей конструкций верха обуви с использованием открытых библиотек. Дизайн и технологии. 2019. № 74 (116). С. 135–141.
3. Peddie J. (2019) Ray-Tracing Programs and Plug-ins. In: Ray Tracing: A Tool for All. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-17490-3_8. ISBN978-3-030-17489-7.
4. Электронный ресурс: Blend4Web. Руководство пользователя v18.05.0. Триумф. Обновлено: 2019-04-16. — URL: https://www.blend4web.com/doc/ru/vr_and_ar.html. Дата обращения 14.11.2021.

© Муртазина Альфия Рустямовна (aly1029@yandex.ru), Смирнов Евгений Евгеньевич (evg7162@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина

МЕСТО ПРОЦЕССНОЙ АНАЛИТИКИ В СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Николаева Анна Сергеевна

Аспирант, Московский Государственный
Технический Университет имени Н.Э. Баумана,
г. Москва
as_nikolaeva@bk.ru

Терехов Валерий Игоревич

К.т.н., доцент, Московский Государственный
Технический Университет имени Н.Э. Баумана,
г. Москва
terekchow@bmstu.ru

Афанасьев Геннадий Иванович

К.т.н., доцент, Московский Государственный
Технический Университет имени Н.Э. Баумана,
г. Москва
hope_extra@mail.ru

PROCESS ANALYTICS IN MODERN RESEARCHES

**A. Nikolaeva
V. Terekhov
G. Afanasiev**

Summary. In this article, we provide a review of process mining as one of the latest tools for business process management, the advantages of this method for performing analysis and planning of processes are described, and we also observe basic principles for using the data contained in the information systems of companies to simulate existing processes, as well as to predict their future behavior. As part of the work, a review of other modern Russian and foreign studies in the field of application of process mining methods to improve process management in companies was performed.

Keywords: business processes, process modeling, process mining.

Аннотация. В данной статье рассматривается процессная аналитика как новейший инструмент управления бизнес — процессам организаций, описываются преимущества данного подхода для анализа и планирования процессов, а также приводятся базовые принципы использования данных, содержащихся в информационных системах компаний, для моделирования существующих процессов, а также для предсказания их поведения в будущем. В рамках работы выполнен обзор других современных российских и зарубежных исследований в области применения методов процессной аналитики для улучшения процессного управления в компаниях.

Ключевые слова: бизнес-процессы, моделирование процессов, глубинный анализ процессов.

Целью работы является обзор исследований процессной аналитики, чтобы понять правила его функционирования и то, как он может быть использован организациями.

Развитие подходов к анализу бизнес — процессов организаций и принятию решений по управлению этими организациями во многом обусловлено тенденцией на повышение уровня автоматизации рассматриваемых процессов. Одно из следствий такой автоматизации процессов — возникновение у организаций больших массивов данных. Проанализировав эти данные, можно получить ландшафт процессов компании процессов, отражающий их реальное состояние. Для проведения такого анализа может применяться новейший инструмент — технологии процессной аналитики (глубинного анализа процессов, Process mining) [2].

Информационные системы, во время выполнения различных действий, создают многочисленные журналы событий. Сформированные на основе сервис-ориентированной архитектуры информационных систем, эти журналы содержат подробности о последовательностях процессов и действий, при этом современные инструменты мониторинга приложений и отслеживания ошибок обеспечивают в них только довольно простой поиск. Однако, очевидно, что более глубокий анализ журналов сможет обеспечить целостное понимание архитектуры системы, а также взаимодействия бизнес-единиц и сервисов [12].

Провести такой углубленный анализ может процессная аналитика (РА) — новое направление, которое объединяет как анализ больших объемов данных, так и основанное на нем моделирование и прогнозирование.

ние процессов. Цели PA — обнаруживать, анализировать и улучшать процессы на основе данных в информационных системах.

Технология PA бизнес-процессов, в системах информационного обеспечения компаний, фокусируется на выявлении, анализе и оптимизации процессов на основе данных из журналов событий (EventLogs), в которых отражается информация по выполнению пользователями различных операций. PA представляет собой переходное звено между традиционным анализом процессов с использованием их моделей, построенных по результатам опросов сотрудников, и интеллектуальным анализом данных [1].

При этом PA выходит далеко за рамки простого моделирования процессов, т.е. за пределы абстрактного моделирования процессов на основе информации, извлеченной из журналов событий, объединяя в себе аспекты бизнес-аналитики и аналитики (BIA).

В этом контексте интеграция данных и процедуры извлечения, преобразования и загрузки данных (ETL) могут использоваться PA для интеграции нескольких источников данных в рамках сквозного процесса³.

PA использует скорее не сущность данных в журналах событий, а определяет взаимосвязи между ними, то есть, в отличие от интеллектуального анализа данных, PA не анализирует низкоуровневые закономерности в исходных данных, не выводит конкретные решения на их основе, но позволяет решить задачу оптимизации бизнес-процессов, в рамках которых формируются эти исходные данные.

По данным исследования, основанного на отчете IBM ALGO FIRST за 2017 год, в финансовой отрасли были выявлены убытки в размере около 55 млрд. долларов США, которые могли быть ранее идентифицированы и предотвращены путем применения моделей искусственного интеллекта к технологиям PA, что позволило бы сэкономить миллионы в отрасли и создать новые возможности для заработка.

Аналогичным образом, в PA могут использоваться методы интеллектуального анализа данных и возможности визуализации результатов такого анализа для выработки полезных подходов и концепций, а также прогнозирующих и оптимальных моделей, непосредственно влияющих на бизнес-процессы.

PA также тесно связана с некоторыми другими методами, такими как моделирование деловой активности, управление бизнес-операциями, анализ бизнес-процессов и интеллектуальный анализ данных.

Среди основных преимуществ PA можно выделить следующие:

- ◆ Возможность формирования карты процессов по результатам их обнаружения. Из журналов событий методы процессной аналитики позволяют описывать и моделировать реальные процессы, которые выполняются в компании.
- ◆ Проверка соответствия: наличие точных задокументированных записей о выполнении процессов позволяет определить их соответствие установленным в организации процедурам.
- ◆ Определение времени пропускной способности и обнаружение узких мест: можно не только смоделировать последовательность действий, но также определить интенсивность и время их выполнения, а также накладные расходы, моделируя, прогнозируя и идентифицируя узкие места.

Анализ журнала событий может быть выполнен либо после завершения процессов, либо в режиме реального времени для функций оперативной поддержки.

Возможности, возникающие в результате применения методов искусственного интеллекта, как в виде машинного обучения, так и в глубоких нейронных сетях, многочисленны и обеспечивают множество преимуществ в различных бизнес-ситуациях. Обогащение журнала событий данными клиентов и бизнес-аналитики формирует большие наборы данных для моделирования, расширяя наборы объясняющих переменных и надежность моделей.

Прогнозные методы мониторинга бизнес-процессов связаны с предсказанием поведения бизнес-процесса в конкретной рабочей ситуации на основе извлеченных моделей из журналов событий. Ряд таких методов были разработаны для решения различных задач прогнозирования: прогнозирование следующего действия в рамках выполнения процесса [3], прогнозирование всего будущего пути (продолжения) конкретного случая развития бизнес — процесса [10], прогнозирование оставшихся временных затрат [11], прогнозирование нарушений сроков [8].

Прогнозы, формируемые этими методами широко применяются на практике. Например, прогнозирование следующего действия (и его времени выполнения) или прогнозирование последовательности следующих действий в конкретном случае выполнения бизнес-процесса чрезвычайно полезны для планирования и распределения ресурсов. Кроме того, прогноз оставшегося времени выполнения может быть использован для определения приоритетов между различными экземплярами процесса с точки зрения порядка их вы-

полнения (например, чтобы минимизировать нарушение сроков) [13].

Существующие прогностические подходы к процессной аналитике разработаны специально для конкретных задач прогнозирования. Их относительная точность значительно варьируется в зависимости от входного набора данных и момента времени, когда прогноз сделан. Один метод может превзойти другой для одного журнала событий и заданной точки, но оказаться менее эффективным для другого журнала в той же точке прогнозирования, или для того же журнала, в более ранней (или более поздней) точке прогнозирования [5]. В некоторых случаях несколько методов должны быть объединены, или требуется их серьезная настройка [6] для повышения точности прогноза.

Таким образом, предсказательный анализ с применением методов процессной аналитики позволяет:

- ◆ Сформировать прогноз точек трения и узких мест. Создание модели прогнозирующей возникновение в конкретной ситуации новых точек трения и / или узких мест, замедляющих процесс или препятствующих его выполнению, для их предотвращения
- ◆ Сформировать прогноз по определению задачи, которая будет выполнена следующей. Модели с использованием алгоритмов «случайного леса» (Random Forest) или сетей глубокого обучения LSTM, могут выполнять прогнозирование с наибольшей точностью.

Такое предположение основывается на том, что в проведенных ранее исследованиях было показано, что рекуррентные нейронные сети с архитектурой долгой краткосрочной памяти (LSTM) обеспечивают неизменно высокую точность в таких областях, как обработка естественного языка [9] и распознавание речи [7]. Кроме того, исследователи рассматривают [4] возможность применения сетей LSTM для предсказательного управления процессами, в частности, для прогнозирования следующего действия в конкретном случае выполнения процесса. Помимо этого, было обнаружено, что прогнозирование следующего действия в бизнес-процессе и его времени выполнения с помощью единой модели (т.е. многозадачного обучения) дает более высокую точность, чем их прогнозирование с использованием отдельных моделей.

- ◆ Определить окончательное состояние процесса. Используя алгоритмы классификации, можно определить, в каком из возможных конечных задач / состояний завершится процесс, основываясь на внутренних переменных процесса (время

задачи, пропускную способность процесса, циклы, бифуркации), а также с учетом собственных переменных бизнеса (ресурсы, клиенты, продукты, сегменты, цена, каналы сбыта).

- ◆ Оценить распределение ресурсов. Благодаря регрессионному анализу можно определить количество ресурсов, необходимых для выполнения определенных задач, и, таким образом, сократить время выполнения задач и накладных расходов ниже пороговых значений выявленных узких мест процесса.
- ◆ Объяснить зависимости переменных процесса: определить, какие переменные процесса оказывают большее влияние на конечный результат, что позволит организациям воздействовать на них, для достижения лучших результатов работы.

Кроме сказанного, РА позволяет также выполнять предписательный анализ. Иными словами, сформированная в рамках анализа модель может рекомендовать:

- ◆ дробление процесса: учитывая определенный сценарий и прогноз, модель может рекомендовать следующую задачу в процессе, которая повысит его эффективность.
- ◆ добавлять / удалять ресурсы для задачи: зная, где и когда могут возникнуть узкие места, система может порекомендовать выбор другого ресурса для исполнения задачи (или удалить непроизводительные ресурсы, уменьшив общую стоимость исполнения задачи).

Обобщая результаты проведенного анализа литературы, можно сделать вывод о том, что до настоящего времени, в основном, рассматривались реализации единых систем управления бизнес-процессами в отдельных организациях, при этом совершенно недостаточно были представлены межсистемный или межорганизационный разделы РА.

Вместе с тем анализ показал огромные преимущества для корпораций и, соответственно, большие рыночные возможности в синергетическом сочетании двух дисциплин: процессная аналитика и искусственный интеллект.

Иными словами, исследователи, занимающиеся анализом процессов, уделяют мало внимания использованию сложных сценариев выполнения процессов. Практики должны тесно сотрудничать с исследователями, для преодоления этих пробелов в знаниях. Только тогда процессная аналитика сможет трансформироваться в технологию, которая позволяет по-новому взглянуть на процессы организаций, предоставляя управленцам ценную и подробную информацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Информационное сообщество «Хабр» <https://habr.com/ru/post/244879/> (дата обращения — 15.04.2020)
2. Сайт Группы компаний «РАМАКС» / Process Mining как метод роста эффективности процессов в компании <https://www.ramax.ru/press-center/articles/402/> (дата обращения — 15.04.2020)
3. Becker, J., Breuker, D., Delfmann, P., Matzner, M.: Designing and implementing a framework for event-based predictive modelling of business processes. In: Proceedings of the 6th International Workshop on Enterprise Modelling and Information
4. Evermann, J., Rehse, J.R., Fettke, P.: A deep learning approach for predicting process behaviour at runtime. In: Proceedings of the 1st International Workshop on Runtime Analysis of Process-Aware Information Systems. Springer (2016)
5. Francescomarino, C.D., Dumas, M., Maggi, F.M., Teinema, I.: Clustering-based predictive process monitoring. CoRR abs/1506.01428 (2015)
6. Francescomarino, C.D., Dumas, M., Federici, M., Ghidini, C., Maggi, F.M., Rizzi, W.: Predictive business process monitoring framework with hyperparameter optimization. In: CAiSE. pp. 361–376. Springer (2016)
7. Graves, A., Mohamed, A.R., Hinton, G.: Speech recognition with deep recurrent neural networks. In: IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. pp. 6645–6649. IEEE (2013)
8. Metzger, A., Leitner, P., Ivanovic, D., Schmieders, E., Franklin, R., Carro, M., Dustdar, S., Pohl, K.: Comparing and combining predictive business process monitoring techniques. IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics: Systems 45(2), 276–290 (2015)
9. Mikolov, T., Sutskever, I., Chen, K., Corrado, G.S., Dean, J.: Distributed representations of words and phrases and their compositionality. In: Advances in Neural Information Processing Systems. pp. 3111–3119 (2013)
10. Polato, M., Sperduti, A., Burattin, A., de Leoni, M.: Time and activity sequence prediction of business process instances. arXiv preprint arXiv:1602.07566 (2016)
11. Rogge-Solti, A., Weske, M.: Prediction of remaining service execution time using stochastic Petri nets with arbitrary firing delays. In: ICSOC. pp. 389–403. Springer (2013)
12. Shershakov S.A., Rubin V.A., “System Runs Analysis with Process Mining”, Modeling and Analysis of Information Systems, 22:6 (2015), 818–833.
13. Tax, Niek et al. “Predictive Business Process Monitoring with LSTM Neural Networks.” Lecture Notes in Computer Science (2017): 477–492. Crossref. Web.

© Николаева Анна Сергеевна (as_nikolaeva@bk.ru),

Терехов Валерий Игоревич (terekchow@bmstu.ru), Афанасьев Геннадий Иванович (hope_extra@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПЛАТФОРМЫ RADIXWARE

DEVELOPMENT OF A PROGRAM FOR VISUALIZATION OF DIAGNOSTIC INFORMATION FOR THE RADIXWARE PLATFORM

V. Podgorsky

Summary. The paper analyzes the diagnostic information of corporate information systems built on the RadixWare platform, and developed a program for its visualization.

The Java programming language and its built-in library for creating Swing graphical interfaces were used as a toolkit.

The specifics of the uploaded data are indicated and functional and non-functional requirements for the tool are formulated for their visual presentation. The developed program for visualization of diagnostic data of corporate information systems built on the RadixWare platform is characterized. The operation of all program modules is described: the data loading module, the module for viewing the history of the state of application servers, the module for viewing extended snapshots of the history of the state of application servers, the module for viewing metrics, the Oracle ASH module, the module for viewing the results of user requests, the module for viewing the system structure.

Visualization of system status and progress based on diagnostic data allows you to analyze the stability of its operation, and also simplifies the support of systems built on the RadixWare platform.

Keywords: visualization of diagnostic data, corporate information systems, RadixWare, Java.

Подгорский Вячеслав Александрович

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»
podgorsky_a@mail.ru

Аннотация. В работе проанализирована диагностическая информация корпоративных информационных систем, построенных на платформе RadixWare, и разработана программа её визуализации.

В качестве инструментария использовался язык программирования Java и его встроенная библиотека для создания графических интерфейсов Swing.

Обозначена специфика выгружаемых данных и сформулированы функциональные и нефункциональные требования к инструменту для их наглядного представления. Охарактеризована разработанная программа визуализации диагностических данных корпоративных информационных систем, построенных на платформе RadixWare. Описана работа всех программных модулей: модуля загрузки данных, модуля просмотра истории состояния серверов приложений, модуля просмотра расширенных снимков истории состояния серверов приложений, модуля просмотра метрик, модуля Oracle ASH, модуля просмотра результатов пользовательских запросов, модуля просмотра структуры системы.

Визуализация состояния системы и хода ее работы на основе диагностических данных позволяет анализировать стабильность ее работы, а также упрощает поддержку систем, созданных на платформе RadixWare.

Ключевые слова: визуализация диагностических данных, корпоративные информационные системы, RadixWare, Java.

Введение

Обработка больших объемов данных требует значительных усилий. Упростить этот процесс позволяет наглядное представление информации, так как мозг человека обрабатывает визуальные образы в 60000 раз быстрее текста [10]. Именно поэтому в бизнес-аналитике так много внимания уделяется визуализации результатов анализа, позволяющей сделать их интерпретацию как можно более эффективной и свести к минимуму возможность ошибочных выводов [4, с. 22]. Качество визуализации имеет критическое значение для анализа данных и принятия решений на их основе. Визуализация позволяет быстро замечать

и правильно интерпретировать связи и взаимоотношения, а также выявлять развивающиеся тенденции, которые не привлекли бы внимания в виде необработанных данных. В большинстве случаев для интерпретации графических представлений не требуется специальное обучение, что сокращает вероятность недопонимания. Продуманное графическое представление (в отличие от таблиц и документов) не только содержит необходимую информацию, но и повышает эффективность ее восприятия за счет наглядности, привлечения внимания и удержания интереса [5].

Обозначенные факторы определяют актуальность проблемы разработки программ визуализации диа-

гностической информации, необходимой для работы корпоративных информационных систем. Корпоративная информационная система (КИС, EIS — Executive Information System) — это стратегическая информационная система, представляющая собой совокупность технических и программных средств, реализующих идеи и методы автоматизации всех функций управления предприятием [6]. Такие системы предназначены для обеспечения большинства бизнес-процессов, сбора и анализа информации о производстве и внешней среде с целью решения задач управления. От эффективности работы КИС зависит эффективность работы всего предприятия [3]. Из-за этого задача поддержки стабильной работы таких систем, а также выявления нештатных ситуаций и устранения их причин, становится критически важной. Для ее выполнения может использоваться диагностическая информация, собираемая каждым компонентом системы в ходе ее работы.

Платформа RadixWare — программный продукт с открытым исходным кодом, распространяющийся по лицензии Mozilla Public License, Version 2.0 [8], предназначенный для построения корпоративных информационных систем. В первую очередь платформа RadixWare предназначена для разработки:

- ◆ транзакционных систем;
- ◆ систем очередей;
- ◆ высокодоступных и отказоустойчивых систем;
- ◆ систем с трехзвенной архитектурой: SQLDB, сервер приложения (кластер), терминалы;
- ◆ систем с сервис-ориентированной архитектурой;
- ◆ систем управления бизнес-процессами [2, с. 37].

Подобные системы предъявляют более высокие требования к своей стабильности и надежности, а потому задача мониторинга и диагностики их производительности становится особенно актуальной.

Платформа RadixWare предоставляет следующие механизмы для сбора диагностических данных:

1. Механизм записи истории состояния серверов приложений — раз в минуту система записывает состояние каждого активного потока, информацию о выполняемых процессах, а также периоды времени, затраченного на каждую операцию.
2. Механизм записи расширенных снимков состояния серверов приложений — раз в пять минут система производит запись временной информации серверов приложений, включающую данные из временных таблиц базы данных и состояние серверов, и сохраняет её сжатую версию.
3. Механизм сбора метрик — в соответствии с заданным периодом система выполняет измере-

ние всех существующих числовых показателей и сохраняет полученные значения.

Все эти данные возможно выгрузить из системы за определенный период времени.

В состав выгружаемой информации также входят данные, собираемые в момент выгрузки диагностической информации:

- ◆ результаты выполнения пользовательских запросов (система предоставляет возможность пользователю создавать SQL запросы, результаты которых будут помещены в выгружаемую диагностическую информацию);
- ◆ информация о структуре системы (система собирает информацию о своей структуре и конфигурации каждого элемента и добавляет эти сведения в выгружаемую информацию).

Еще одной важной частью диагностической информации является история операций с базами данных, с которыми неразрывно связана работа КИС. Для систем, построенных на платформе RadixWare, используется база данных Oracle RDBMS, имеющая собственные механизмы сбора диагностической информации. Каждую секунду база опрашивает все активные подключения, и записывает информацию о выполняемых ими запросах в специальную таблицу [9]. RadixWare позволяет произвести выгрузку информации из этой таблицы в машиночитаемом виде.

Итогом проведения выгрузки является архив, содержащий все эти данные, которые необходимо проанализировать. Делать это в выгруженном виде не представляется возможным, так как они состоят из огромного количества индивидуальных показателей. Визуализация аналитических данных — это наглядное представление больших массивов числовой и другой информации для оценки ситуации и принятия решений [1, с. 68].

В ходе эксплуатации систем, построенных на платформе RadixWare, появилась необходимость в инструменте для объединения и наглядного представления выгружаемых диагностических данных. Потому было принято решение разработать собственную систему визуализации диагностических данных.

К разрабатываемому приложению были предъявлены следующие функциональные требования:

- ◆ Модульность — внутренняя структура программы должна позволять создавать и быстро интегрировать новые модули для визуализации данных.
- ◆ Работа с неполными данными — система должна работать при отсутствии части выгружаемых данных.



Рис. 1. Интерфейс модуля «История состояния серверов приложений»

- ◆ Сопоставление связанных данных на одном экране — там, где возможно, система должна показывать данные из других файлов, связанные с просматриваемой информацией, а также позволять выбирать промежуток времени, за который будут отображаться данные.
- ◆ Возможность фильтрации данных — в случае представления информации в табличном виде, система должна предоставлять возможность производить фильтрацию и сортировку данных по всем колонкам таблиц.

Также были предъявлены нефункциональные требования:

- ◆ Кроссплатформенность — система должна работать на всех платформах, где может работать RadixWare.
- ◆ В связи со спецификой компании интерфейс приложения должен быть реализован на английском языке.
- ◆ Интерфейс приложения должен быть выполнен в темной цветовой гамме

Обозначенные требования к разрабатываемой системе визуализации определили выбор наиболее эффективного (в предлагаемых условиях) языка программирования — Java. Это язык программирования общего назначения, относящийся к объектно-ориентированным языкам с сильной типизацией. Создатели языка реализовали принцип WORA: write once, run anywhere или «пиши один раз, запускай везде». Это значит, что написанное на Java приложение можно запустить на любой платформе, если на ней установлена среда исполнения Java (JRE, Java Runtime Environment) [7]. Существует множество библиотек, написанных на Java, предоставляющих разнообразный функционал и позволяющих существенно ускорить реализацию проекта путем их подключения. Еще

одним аргументом в пользу выбора языка Java стал тот факт, что платформа RadixWare написана именно на нем. Выбор этого языка позволяет упростить дальнейшую поддержку системы другими разработчиками.

Разрабатываемая система состоит из семи модулей: одного модуля работы с данными и шести модулей, визуализирующих каждый из описанных типов диагностической информации.

Модуль работы с данными занимается загрузкой информации в приложение из архива с диагностическими данными, определением имеющихся файлов и сопоставлением их с известными системе, передачей файлов в соответствующие модули, а также организует взаимодействие между модулями и синхронизирует промежуток времени для отображения данных.

Интерфейс модуля, предназначенного для отображения данных истории состояния серверов приложений, приведен на рисунке 1. Он состоит из двух вкладок: графического отображения истории и табличного отображения данных.

Панель графического отображения представляет собой набор диаграмм (по одной на каждый поток). Каждая диаграмма состоит из набора окрашенных столбцов, имеющих ширину (равную СВЯЗАННУЮ) времени выполнения. Цветные блоки отображают разные виды активности потоков, а именно:

- ◆ зеленый — RealCPUDiff — реальное время использования процессора;
- ◆ фиолетовый — CPUSteal — разницу между замедленным временем использования процессора и реальным временем;
- ◆ желтый — DBDiff — время, затраченное на действия с базой данных;

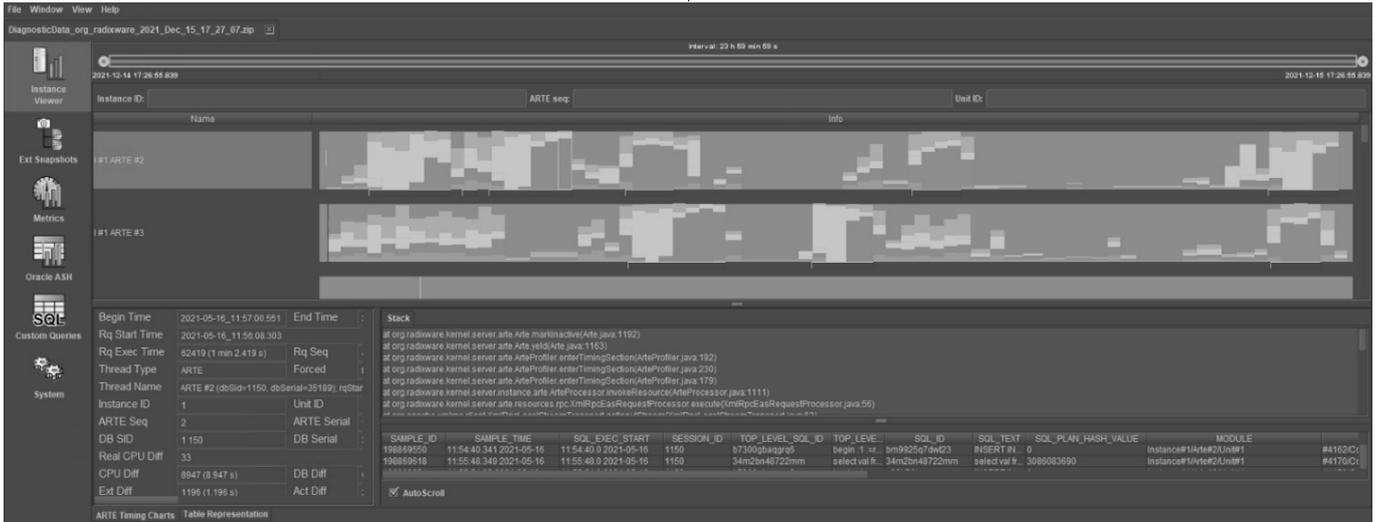


Рис. 2. Блок дополнительной информации

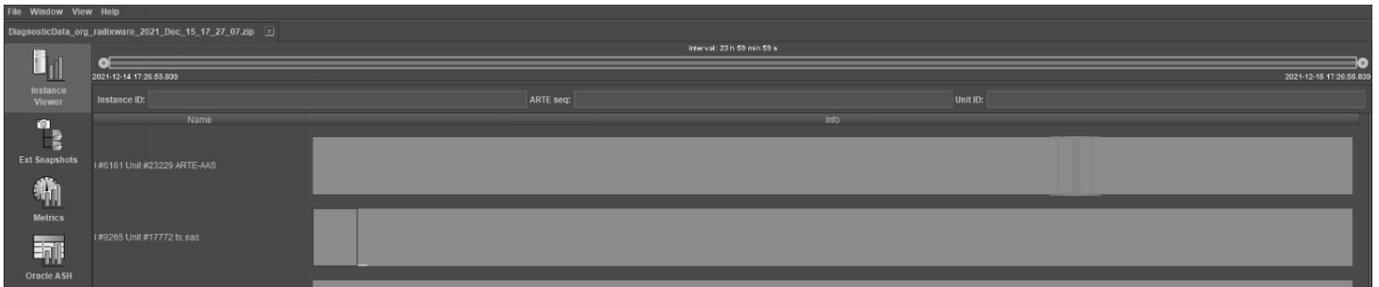


Рис. 3. Пример символа остановки потока

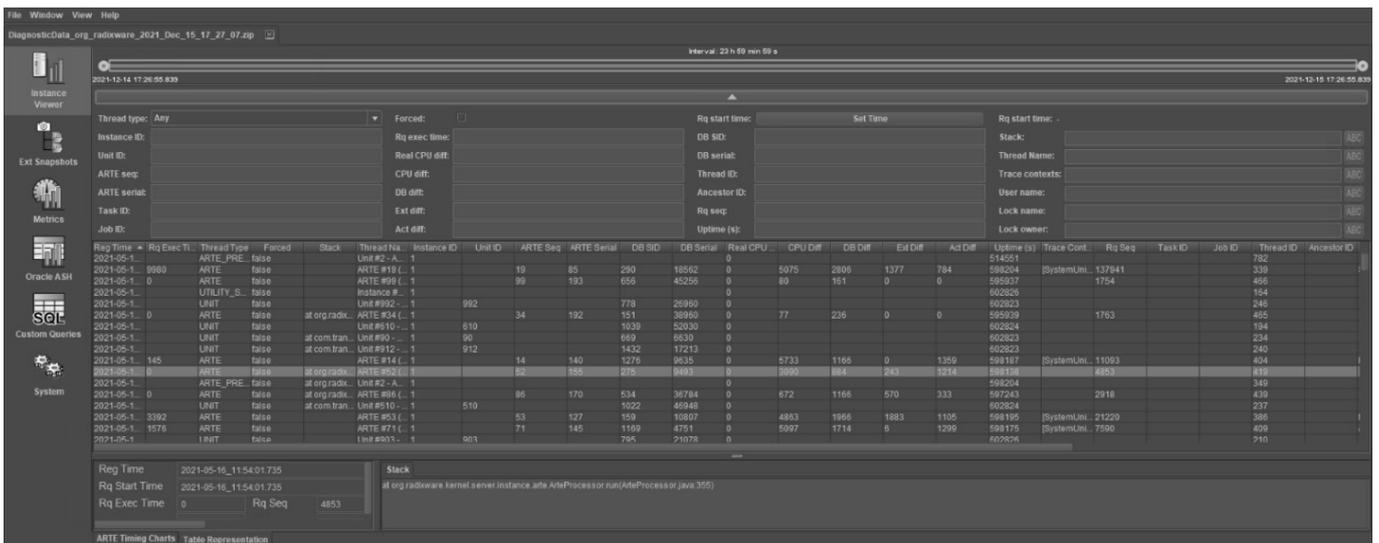


Рис. 4. Раскрытые табличные фильтры

Instance ID	Calc Begin	Calc End
6161	2021-12-15 10:03:02.226	2021-12-15 10:03:04.057
6161	2021-12-15 10:13:04.065	2021-12-15 10:13:04.721
6161	2021-12-15 10:22:12.000	2021-12-15 10:22:13.851
6161	2021-12-15 10:32:13.880	2021-12-15 10:32:14.563
6161	2021-12-15 10:44:41.702	2021-12-15 10:44:43.405
6161	2021-12-15 10:54:43.404	2021-12-15 10:54:44.029
6161	2021-12-15 11:00:57.013	2021-12-15 11:00:59.138
6161	2021-12-15 11:04:35.450	2021-12-15 11:04:37.544
6161	2021-12-15 11:07:22.074	2021-12-15 11:07:23.940
6161	2021-12-15 11:09:55.965	2021-12-15 11:09:57.855
6161	2021-12-15 11:19:57.983	2021-12-15 11:19:58.699

INST_ID	SADDR	SID	SERIAL#	AUDSID	PADDR	USER#	USERNAME	COMMAND	OWNERID	TADDR	LOCKWAIT	STATUS	SERVER	SCHEM#	SCHEMNAME	G
1	00000000C8B17670	1	48890	0	00000000C88A3480	0		0	0	2147483644		ACTIVE	DEDICATED	0	SYS	oracle
1	00000000C49D4420	2	43796	0	00000000C889E0B8	0		0	0	2147483644		ACTIVE	DEDICATED	0	SYS	oracle
1	00000000C6A3A108	3	33299	0	00000000C485B470	0		0	0	2147483644		ACTIVE	DEDICATED	0	SYS	oracle
1	00000000C8B19088	4	25495	0	00000000C88AE420	0		0	0	2147483644		ACTIVE	DEDICATED	0	SYS	oracle
1	00000000C8A37650	6	8008	3630583	00000000C88CD160	161	RBS_TRUNK	0	0	2147483644		INACTIVE	DEDICATED	161	RBS_TRUNK	anowic
1	00000000C8B12600	7	36749	3630583	00000000C88DC278	161	RBS_TRUNK	0	0	2147483644		INACTIVE	DEDICATED	161	RBS_TRUNK	idevaly
1	00000000C8B10548	10	35226	3630572	00000000C487A650	161	RBS_TRUNK	0	0	2147483644		INACTIVE	DEDICATED	161	RBS_TRUNK	anowic
1	00000000C49D32F8	11	18764	3630572	00000000C88E1C40	161	RBS_TRUNK	0	0	2147483644		INACTIVE	DEDICATED	161	RBS_TRUNK	idevaly
1	00000000C8B0DF90	13	40198	3630794	00000000C8A0B2C0	161	RBS_TRUNK	0	0	2147483644		INACTIVE	DEDICATED	161	RBS_TRUNK	kmukhi
1	00000000C6A3A028	15	36939	3621600	00000000C88F6780	140	CSAPROD	0	0	2147483644		INACTIVE	DEDICATED	140	CSAPROD	root
1	00000000C6A29900	24	47671	3621588	00000000C88C2660	161	RBS_TRUNK	0	0	2147483644		INACTIVE	DEDICATED	161	RBS_TRUNK	anowic
1	00000000C8B022F8	26	23665	3621588	00000000C88E9318	140	CSAPROD	0	0	2147483644		INACTIVE	DEDICATED	140	CSAPROD	root
1	00000000C6A24D90	30	34716	3629405	00000000C48705B0	161	RBS_TRUNK	0	0	2147483644		INACTIVE	DEDICATED	161	RBS_TRUNK	pothov
1	00000000C49C0538	35	44649	3621594	00000000C48A41D0	140	CSAPROD	0	0	2147483644		INACTIVE	DEDICATED	140	CSAPROD	root
1	00000000C6A20220	36	37574	3629487	00000000C488F890	161	RBS_TRUNK	0	0	2147483644		INACTIVE	DEDICATED	161	RBS_TRUNK	ayanich
1	00000000C8A8F8C18	40	48294	3629472	00000000C89D76A0	161	RBS_TRUNK	0	0	2147483644		INACTIVE	DEDICATED	161	RBS_TRUNK	ayanich

Рис. 5. Интерфейс модуля «Расширенные снимки состояния серверов приложений»



Рис. 6. Интерфейс модуля «Метрики»

- ◆ синий — ExtDiff — время, затраченное на обращение к внешним системам;
- ◆ красный — QueueDiff — время, затраченное ожидание лимита на активность потоков

При выделении столбца в нижней части экрана появляется блок с полной информацией (см. рисунок 2), в котором отображены все данные о действиях потоков за данный промежуток времени, и (при наличии данных) связанная с этой операцией потока информация из таблиц ASH.

Также на диаграмме могут присутствовать вертикальные красные линии (см. рисунок 3), обозначающие остановку потока в этот момент времени.

Панель табличного отображения представляет собой таблицу, содержащую все записи истории состояния серверов приложений за период выгрузки. При выделении записи появляется блок, аналогичный таковому при выделении столбца в панели графического представления. В верхней части панели находится блок фильтров (по умолчанию свернут), позволяющий



Рис. 7. Пример работы элементов управления легенды

SAMPLE_ID	SAMPLE_TIME	SQL_EXEC_START	SESSION_ID	TOP_LEVEL_SQL_ID	TOP_LEVEL_SQL_ID	SQL_ID	SQL_TEXT	SQL_PLAN_HASH_VALUE	MODULE	ACTION
23742019	17:28:49.111 2021-12-15		125					0		
23742011	17:28:40.918 2021-12-15		618					0	KTSUJ	KTSUJ Coordinator
23742006	17:28:35.798 2021-12-15		247					0		
23742001	17:28:30.878 2021-12-15		250					0	Instance#2954/on psidelnikov (10.7.8.120)	
23742000	17:28:29.655 2021-12-15		907					0	Instance#2955/Unit#1871	
23742000	17:28:29.655 2021-12-15		675					0	Instance#1681/Unit#230	
23742000	17:28:29.655 2021-12-15		524					0		
23742000	17:28:29.655 2021-12-15		495					0		
23742000	17:28:29.655 2021-12-15		292					0	Instance#1/on csia-appserver (10.244.0.44)	
23742000	17:28:29.655 2021-12-15		249					0		
23742000	17:28:29.655 2021-12-15		189					0	Instance#2533/Unit#317	
23742000	17:28:29.655 2021-12-15		2					0		
23741999	17:28:28.631 2021-12-15	17:28:27.0 2021-12-15	995	89f0cqb9ufmr		89f0cqb9ufmr		4075982198	Instance#2713/Unit#815	
23741997	17:28:28.383 2021-12-15	17:28:25.0 2021-12-15	669	89f0cqb9ufmr		89f0cqb9ufmr		4075982198	Instance#2954/Unit#1791	
23741993	17:28:22.487 2021-12-15		1110					0		
23741991	17:28:20.438 2021-12-15	17:28:19.0 2021-12-15	306	89f0cqb9ufmr		89f0cqb9ufmr		4075982198	Instance#816/Unit#22689	
23741990	17:28:19.415 2021-12-15	17:28:18.0 2021-12-15	420	7n63u0wjqd05		7n63u0wjqd05		256385274	Instance#2995/on DESKTOP-U16H08M (10.7.8.194)	
23741985	17:28:19.295 2021-12-15	17:28:13.0 2021-12-15	154	chf9hq81judj		chf9hq81judj		3425234845	Instance#3013/DbSessionWatcher	
23741981	17:28:10.199 2021-12-15	17:28:09.0 2021-12-15	681	52jyuh0hc3mz		52jyuh0hc3mz		443753268	Instance#816/Unit#21191	#3U#521837627#47240
23741980	17:28:09.175 2021-12-15	17:28:07.0 2021-12-15	681	52jyuh0hc3mz		52jyuh0hc3mz		443753268	Instance#816/Unit#21191	#3U#521837627#47240
23741978	17:28:07.127 2021-12-15	17:28:06.0 2021-12-15	681	4u3kskh9s179		3a22sk1lrmfk		2567626051	Instance#816/Unit#21191	#3U#521837627#47240
23741977	17:28:06.103 2021-12-15	17:28:05.0 2021-12-15	681	4u3kskh9s179		3a22sk1lrmfk		2567626051	Instance#816/Unit#21191	#3U#521837627#47240
23741977	17:28:06.103 2021-12-15		647	73zq3hhzppu9		73zq3hhzppu9		501857063	Instance#1/Unit#3	
23741976	17:28:05.79 2021-12-15	17:28:04.0 2021-12-15	884	09msptnc688v		09msptnc688v		2221145839	Instance#816/lon VPODGORSKIY-DESKTOP (192.168.56.1)	
23741976	17:28:05.79 2021-12-15	17:28:04.0 2021-12-15	747	78p659hcgdr		78p659hcgdr		0	Instance#3013/Unit#1910	#3013/Command_Ulkukhametkulov
23741976	17:28:05.79 2021-12-15	17:28:04.0 2021-12-15	681	4u3kskh9s179		3a22sk1lrmfk		2567626051	Instance#816/Unit#21191	#3U#521837627#47240

Рис. 8. Интерфейс модуля «Oracle ASH»

Рис. 9. Пример работы фильтров

ISINSTANCE_MODIFIABLE	DEFAULT_VALUE	ISSSES_MODIFIABLE	ISMODIFIED	NUM	ISADJUSTED	UPDATE_COMMENT	CON_ID	ISSYS_MODIFIABLE	VALUE	ISBASIC	NAME	HASH	ISDEPRECATED	ISDEFAULT	DESCRIPTION
FALSE	NULL	FALSE	FALSE	52	FALSE		0	FALSE	800	TRUE	lock_name_space	1022980314	TRUE	TRUE	lock name space used for gener...
FALSE	0	FALSE	FALSE	53	FALSE		0	IMMEDIATE	TRUE	TRUE	processes	319422835	FALSE	FALSE	user processes
TRUE	4294997295	FALSE	FALSE	54	FALSE		0	IMMEDIATE	TRUE	TRUE	sessions	222414877	FALSE	TRUE	user and system sessions
TRUE	0	TRUE	FALSE	57	FALSE		0	IMMEDIATE	0	FALSE	lmed_statistics	242331770	FALSE	TRUE	maintain internal lmed statistics
TRUE	0	TRUE	FALSE	58	FALSE		0	IMMEDIATE	0	FALSE	resource_limit	19363008	FALSE	TRUE	internal os statistic pathing inte...
TRUE	0	FALSE	FALSE	59	FALSE		0	IMMEDIATE	0	FALSE	license_max_sessions	2409810571	FALSE	TRUE	master switch for resource limit
TRUE	0	FALSE	FALSE	60	FALSE		0	IMMEDIATE	0	FALSE	license_sessions_war...	4168482818	FALSE	TRUE	maximum number of non-syst...
TRUE	TRUE	FALSE	FALSE	68	FALSE		0	IMMEDIATE	TRUE	FALSE	long_module_action	3000737841	FALSE	TRUE	warning level for number of non-...
FALSE	NONE	FALSE	FALSE	90	FALSE		0	FALSE	NONE	FALSE	standby_db_preserve_...	1862199831	FALSE	TRUE	Use longer module and action
TRUE	0	FALSE	FALSE	94	FALSE		0	IMMEDIATE	0	FALSE	instance_aborf_delay_L...	2984226596	FALSE	TRUE	Preserve stale cross standby rok...
TRUE	0	FALSE	FALSE	114	FALSE		0	IMMEDIATE	10	FALSE	cpu_count	109543442	FALSE	TRUE	time to delay an internal initia...
FALSE	NULL	FALSE	FALSE	117	FALSE		0	FALSE	FALSE	FALSE	instance_groups	714880904	TRUE	TRUE	number of CPUs for this instanc...
FALSE	NONE	FALSE	FALSE	126	FALSE		0	FALSE	FALSE	FALSE	event	55799982	FALSE	TRUE	list of instance group names
FALSE	0	FALSE	FALSE	141	FALSE	Internally adjusted	0	FALSE	1325400	FALSE	sga_max_size	364059945	FALSE	TRUE	debug event control - default null
FALSE	TRUE	FALSE	FALSE	148	FALSE		0	FALSE	TRUE	FALSE	use_large_pages	3303635083	FALSE	TRUE	max total SGA size
FALSE	TRUE	FALSE	FALSE	153	FALSE		0	FALSE	TRUE	FALSE	pre_page_sga	415729338	FALSE	TRUE	Use large pages if available (TR...
FALSE	0	FALSE	FALSE	154	FALSE		0	FALSE	0	FALSE	shared_memory_addr	1147088340	FALSE	TRUE	pre-page sga for process
FALSE	0	FALSE	FALSE	155	FALSE		0	FALSE	0	FALSE	hi_shared_memory_a...	2487282582	FALSE	TRUE	SGA starting address (low order)
FALSE	0	FALSE	FALSE	156	FALSE		0	FALSE	0	FALSE	hi_shared_memory_a...	2487282582	FALSE	TRUE	SGA starting address (high orde...

Рис. 10. Интерфейс модуля «Результаты пользовательских запросов»

производить фильтрацию данных по любым столбцам таблицы (см. рисунок 4).

Интерфейс модуля, предназначенного для отображения данных расширенных снимков состояния серверов приложений, представлен на рисунке 5.

Он разделен на две части: в верхнем блоке представлены все доступные для просмотра снимки состояния серверов приложений, в нижнем блоке выводятся данные из выделенного снимка. Информация сгруппирована в соответствии с ее расположением в выгруженном файле. Таблица с данными поддерживает создание фильтров по значению поля и по наличию данных в поле.

Интерфейс модуля отображения графиков представлен на рисунке 6.

Модуль отображения графиков (см. рисунок 6) состоит из основной части, представляющей собой сетку из 12 столбцов, на которой располагаются блоки графиков. Добавление рядов в сетку производится нажатием на кнопку добавления ряда. Каждый ряд может содержать в себе набор графиков с суммарным размером в 12 столбцов. Каждый график может иметь размер от 1 до 12, причем размер может быть изменен в любой момент при наличии места в ряду. Графики можно перемещать в пределах ряда, используя действие в меню настроек, а также менять местами с любым другим графиком на панели перетаскиванием его на другой график. Каждый график состоит из нескольких блоков. В верхней части расположена строка информации, содержащая название графика, отображаемый промежуток времени, кнопки отключения синхронизации временного промежутка графика с временным про-

межутком модуля и кнопки настроек. Основной блок содержит область визуализации графиков выбранных метрик. В нижней части расположена легенда, содержащая информацию обо всех выбранных метриках, имеющих данные, а также элементы управления отображением индивидуальных метрик. При создании графика возможно задать его размер, название, а также параметры фильтрации данных, позволяющие скрыть значения, превышающие средние показатели на заданное количество процентов.

Легенда позволяет управлять отображением метрик путем переключения флажков в левой части каждой записи, а также переходить в режим отображения только одной метрики нажатием на ее строку в легенде. Пример приведен на рисунке 7.

Расположение графиков и список метрик в них можно сохранить для последующего использования в виде шаблона, который можно применять к другим файлам диагностической информации. При загрузке шаблона система восстановит расположение графиков, а также по возможности поместит на них сохраненные метрики. Данный модуль также имеет мастер создания графиков, в котором необходимо выбрать набор метрик и указать количество графиков в ряду и необходимость группировки метрик по типам.

Интерфейс модуля, предназначенного для отображения данных OracleASH, приведен на рисунке 8.

Интерфейс модуля «Oracle ASH» (см. рисунок 8) представляет собой таблицу, содержащую все данные OracleASH, находящиеся в файле диагностической информации, разделенную на две вкладки: активная история и архив. Набор колонок по умолчанию можно

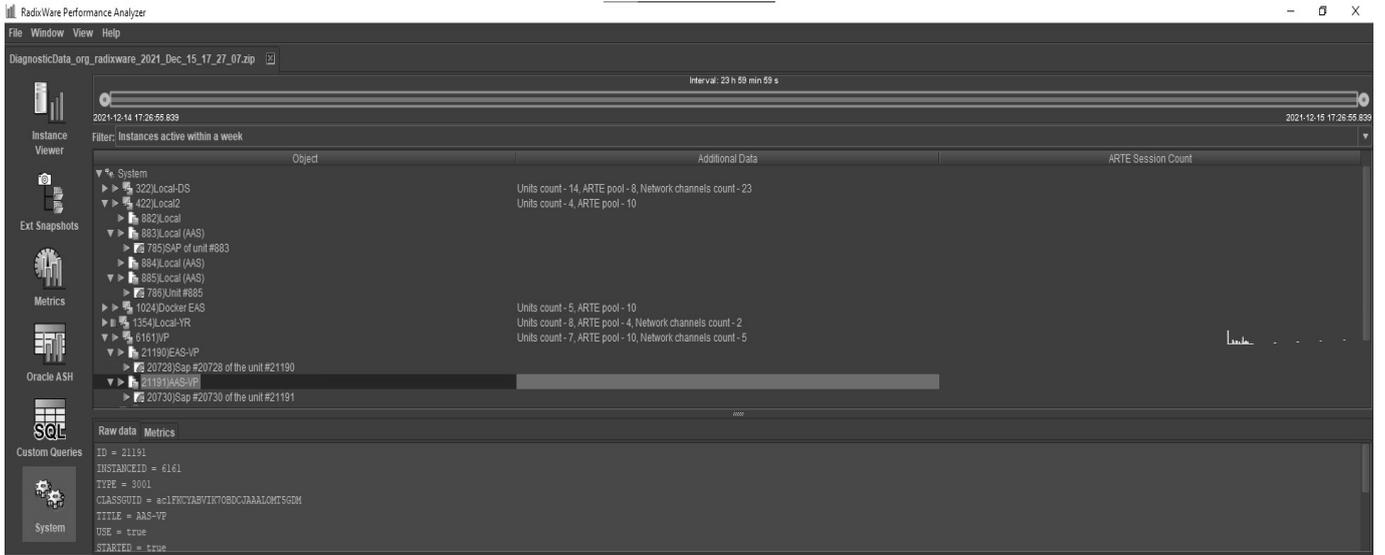


Рис. 11. Интерфейс модуля «Информация о системе»

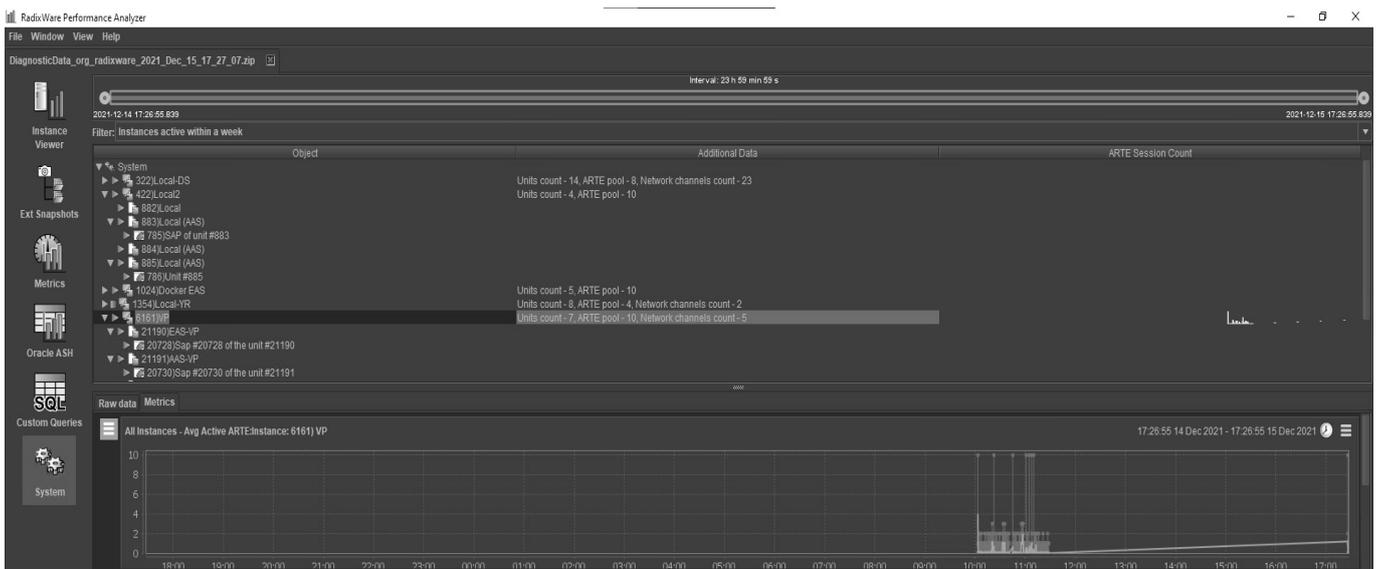


Рис. 12. Пример отображения графиков, связанных с компонентом

изменить. Выбранный набор колонок будет сохранен на локальной машине и будет применяться ко всем новым файлам. Таблица Oracle ASH поддерживает автоматическую сортировку и динамическое создание фильтров путем нажатия правой кнопки мыши на заголовок колонки и выбора типа фильтра. Пример приведен на рисунке 9.

Модуль поддерживает два типа фильтров: фильтр существования значения и фильтр по значению. Фильтр существования значения скроет все строки, в которых нет данных по выбранной колонке. Фильтр по значению

скроет все колонки, в которых значение не удовлетворяет введенному шаблону. Для числовых колонок доступна фильтрация по точному значению, по интервалу значения и по половинному интервалу (т.е. «меньше, чем X» и «больше, чем X»). Для строковых колонок поддерживается сокращенный синтаксис регулярных выражений. Также при двойном нажатии по строке таблицы будет отображен диалог, содержащий в себе полный текст SQL запроса и его план, при наличии этих данных.

Интерфейс модуля, предназначенного для отображения пользовательских запросов, приведен на рисунке 10.

Интерфейс модуля «Результаты пользовательских запросов» (см. рисунок 10) состоит из двух частей: таблицы в верхней части, содержащей информацию о выгруженных пользовательских запросах, и таблицы в нижней части, содержащей результаты их выполнения в момент выгрузки диагностических данных.

Интерфейс модуля информации о системе представлен на рисунке 11.

Интерфейс модуля «Информация о системе» (см. рисунок 11) состоит из дерева, отображающего структуру системы (данные которой находятся в файле диагностической информации) в иерархическом виде. В первой колонке отображаются элементы системы, во второй колонке — дополнительная информация по каждому элементу, в третьей колонке представлены графики загрузки потоков серверов приложений.

При выделении любого элемента системы в нижней части появляется окно с полной информацией об элементе, также содержащее графики всех метрик, принадлежащих данному элементу, на отдельной вкладке (см. рисунок 12).

Заключение

Визуализация состояния системы и хода ее работы на основе диагностических данных позволяет анализировать стабильность ее работы, а также упрощает поддержку систем, созданных на платформе RadixWare.

Прогнозируемый эффект от внедрения системы визуализации диагностической информации состоит в следующем:

- ◆ повышение удобства анализа работы систем, построенных на платформе RadixWare;
- ◆ упрощение анализа истории действий потоков;
- ◆ получение возможности просматривать промежуточные состояния временных таблиц базы данных системы;
- ◆ уменьшение временных затрат на поиск ошибок конфигурации системы;
- ◆ наглядность показателей;
- ◆ существенное ускорение поиска ошибок в работе систем;
- ◆ минимизация человеческого фактора при интерпретации сырых данных за счет автоматической визуализации показателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зинина Л.И., Понетайкина Л.А. Промышленные предприятия региона: перспективы инновационного развития // Проблемы теории и практики управления. — 2011. — № 1. — С. 66–73.
2. Капцан А.В. Технологическая платформа RadixWare // Сборник докладов международной конференции «CEE-SECR-2009». — М., 2009. — С. 35–41.
3. Определения и назначения КИС — Айтистанция. [Электронный ресурс]. — URL: <https://itstan.ru/it-i-is/opredelenija-i-naznachenija-kis.html> (дата обращения: 16.12.2021).
4. Паклин Н.Б., Орешков В.И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям / Н.Б. Паклин, В.И. Орешков. — СПб.: Питер, 2013. — 704 с.
5. Что такое визуализация данных? | Oracle Россия и СНГ [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.oracle.com/ru/business-analytics/what-is-data-visualization/> (дата обращения: 16.12.2021).
6. Что такое Корпоративная Информационная Система? [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.kgau.ru/istiki/uip/ch04s02.html> (дата обращения: 16.12.2021).
7. Java: особенности языка, перспективы, стоит ли учить Яву как первый язык [Электронный ресурс]. — URL: <https://ru.hexlet.io/blog/posts/yazyk-programirovaniya-java-osobennosti-populyarnost-situatsiya-na-rynke-truda> (дата обращения: 16.12.2021).
8. License — Radixware. [Электронный ресурс]. — URL: <https://radixware.org/about/license.html> (дата обращения: 16.12.2021).
9. ORACLE-BASE — Active Session History (ASH) [Электронный ресурс]. — URL: <https://oracle-base.com/articles/10g/active-session-history> (дата обращения: 16.12.2021).
10. Visual versus Text: What Does The Brain Prefer? — simpleshow [Электронный ресурс]. — URL: <https://simpleshow.com/blog/visual-versus-text/> (дата обращения: 16.12.2021).

© Подгорский Вячеслав Александрович (podgorsky_a@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ КАК МОДЕЛИ ТРАФИКА И ПРИЛОЖЕНИЯ К ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ПРОБЛЕМАМ

SERVICE SYSTEMS AS TRAFFIC MODELS AND APPLICATIONS TO ENVIRONMENTAL PROBLEMS

**P. Pospelov
A. Tatashev
A. Terentyev
Yu. Trofimenko
M. Yashina**

Summary. This paper examines the application of the theory of queuing in the modeling of traffic flows. When modeling traffic flow using a service system, it is usually assumed that the application corresponds to a vehicle. Such queuing models are most often used when analyzing traffic at the intersection of roads. In addition to models of this type, this paper considers service models that have a different interpretation. For example, when representing a traffic flow in the form of particles moving along a discrete grid, the flow characteristics are studied using a queuing network in which the particles correspond to the serviced nodes, and the free grid cells located in front of the particle represent applications that are in the queue of this node and waiting for service.

Keywords: mathematical traffic models, traffic flows, queuing systems and networks, transport ecology, road safety, traffic organization at intersections, random processes with prohibitions.

Поспелов Павел Иванович

*Д.т.н., профессор, Московский автомобильно-
дорожный государственный технический
университет (МАДИ)
pospelov@madi.ru*

Таташев Александр Геннадьевич

*Д.ф.-м.н., профессор, Московский автомобильно-
дорожный государственный технический
университет (МАДИ)
a-tatashev@yandex.ru*

Терентьев Алексей Вячеславович

*Д.т.н., профессор, Московский автомобильно-
дорожный государственный технический
университет (МАДИ)
aleksej.terentev.67@bk.ru*

Трофименко Юрий Васильевич

*Д.т.н., профессор, Московский автомобильно-
дорожный государственный технический
университет (МАДИ)
ecology@madi.ru*

Яшина Марина Викторовна

*Д.т.н., профессор, Московский автомобильно-
дорожный государственный технический
университет (МАДИ)
yash-marina@yandex.ru*

Аннотация. В настоящей работе исследуются вопросы применения теории массового обслуживания при моделировании автотранспортных потоков. При моделировании транспортного потока с помощью системы обслуживания обычно полагают, что заявка соответствует автотранспортному средству. Такие модели массового обслуживания чаще всего используют при анализе движения на пересечении дорог. Кроме моделей такого типа, в настоящей работе рассматриваются модели обслуживания, имеющие другую интерпретацию. Например, при представлении транспортного потока в виде частиц, перемещающихся по дискретной решетке, исследование характеристик потока осуществляется с помощью сети массового обслуживания, в которой частицы соответствуют обслуживаемым узлам, а располагающиеся перед частицей свободные ячейки решетки представляют собой заявки, находящиеся в очереди этого узла и ожидающие обслуживания.

Ключевые слова: математические модели трафика, автотранспортные потоки, системы и сети массового обслуживания, экология транспорта, безопасность дорожного движения, организация движения на перекрестках, случайные процессы с запретами.

Введение

В данной работе исследованы концептуальные подходы и особенности формализации систем обслуживания с конфликтами, которые в настоящее время являются базовым теоретическим инструментарием при математическом моделировании автотранспортного движения на участках вблизи пересечений магистралей. Изложены также подходы, позволяющие использовать понятия и факты теории сетей массового обслуживания с дискретным и непрерывным временем при анализе вероятностных моделей автотранспортного потока на участке магистрали, которые задаются в терминах случайных процессов с запретами или вероятностных клеточных автоматов.

Для экологических прогнозов и оценок выбросов автотранспортными потоками загрязняющих веществ недостаточно учитывать только усредненные характеристики. Нужно принимать во внимание внутренние конфликты. В конфликтных ситуациях автотранспортные средства часто ускоряют и замедляют движение, совершают многочисленные перестроения. Это приводит к значительному росту потребления автотранспортными средствами энергии и соответственно увеличению расхода топлива и выбросов загрязняющих веществ. Конфликтные ситуации в транспортных потоках возникают прежде всего на участках перед пересечениями дорог. Моделирование автотранспортного движения на регулируемых и нерегулируемых перекрестках используется не только для оценок задержек автотранспортных средств и при решении вопросов оптимизации движения, но может использоваться и для оценок количества выбросов загрязняющих веществ. Участки магистралей при пересечениях являются фрагментами дорожной сети, при моделировании которых теория массового обслуживания применяется чаще всего. Системами массового обслуживания могут моделироваться транспортные потоки на участках перед перекрестками и переездами [1]-[4]. Одноканальной системой массового обслуживания может представляться кластер, состоящий из медленного транспортного средства и группы быстрых транспортных средств в условиях, при которых обгон затруднен [2], [5]. Теория массового обслуживания используется также при анализе характеристик автотранспортных потоков в некоторых случаях, когда модель трафика изначально не формулируется в терминах системы массового обслуживания. Так в [6]-[10] модели трафика, интерпретируемой как случайный процесс с запретами [11], ставится в соответствие сеть массового обслуживания с непрерывной [12] или дискретной [13] шкалой времени. Модели, разработанные в [9], [10], основаны на детерминированно-стохастическом подходе к моделированию автотранспортных потоков [14]-[16].

Вопросы анализа характеристик автотранспортных потоков связаны с задачами организации дорожного движения [17]-[22], разработкой методов оценки качества автотранспортных средств по ряду показателей [23], [24].

Вопросы экологии и обеспечения безопасности дорожного движения рассматриваются в [25]-[27]. В [27] дается прогноз по выбросам удельного парникового газа на единицу перевозки груза (г CO_2 — эквивалент/груз-км) (а) и перевозки пассажира (г CO_2 — эквивалент/груз-км) (б) на период до 2050 года.

В разделе 2 исследуются подходы к моделированию трафика непосредственно с помощью систем массового обслуживания. Излагаются особенности рассматриваемых подходов при их применении к анализу и оптимизации автотранспортного движения на перекрестках, переездах, а также на участках магистрали без пересечений.

В разделе 3 рассматривается подход, в соответствии с которым отыскание значений характеристик случайного процесса с запретами, с помощью которого моделируется трафик, осуществляется путем сравнения рассматриваемого процесса с сетью массового обслуживания, для которой значения соответствующих характеристик известны. Эта сеть имеет непрерывную или дискретную шкалу времени в зависимости от того, является ли исходный случайный процесс с запретами процессом с непрерывным или дискретным временем.

Системы массового обслуживания как модели трафика

1. Применение методологии систем массового обслуживания для управления транспортными потоками на сложных сетях интенсивно развивалось в последние десятилетия прошлого века. В частности, М.А. Федоткиным и его коллективом, [1]-[3], разработан подход в математическом моделировании, в соответствии с которым поведение моделируемых объектов представляется системой массового обслуживания специально введенного класса, названного классом управляющих систем обслуживания. Как отмечается в [2], реальными объектами, при моделировании поведения которых можно использовать управляющие системы обслуживания, могут быть системы диспетчерского контроля за последовательностью взлетов и посадок самолетов, светофоры адаптивного регулирования транспортными потоками на перекрестках со сложной геометрией, системы обработки информационных потоков, системы управления конфликтными потоками самолетов при прохождении пересекающихся воздушных коридоров.

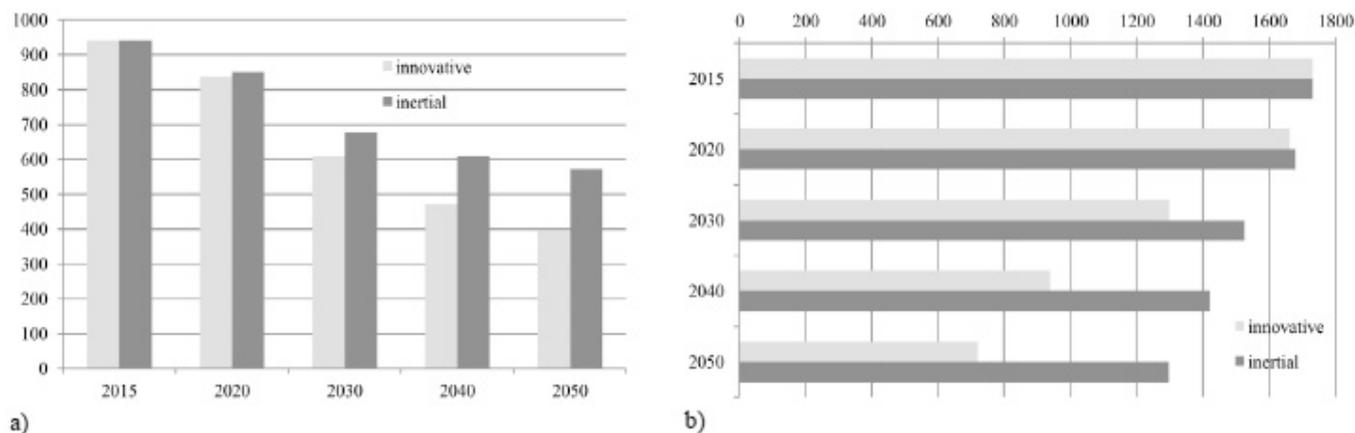


Рис. 1. [27]. Прогноз по выбросам удельного парникового газа на единицу перевозки груза (г CO₂ — эквивалент/груз-км) (а) и перевозки пассажира (г CO₂ — эквивалент/груз-км) (б).

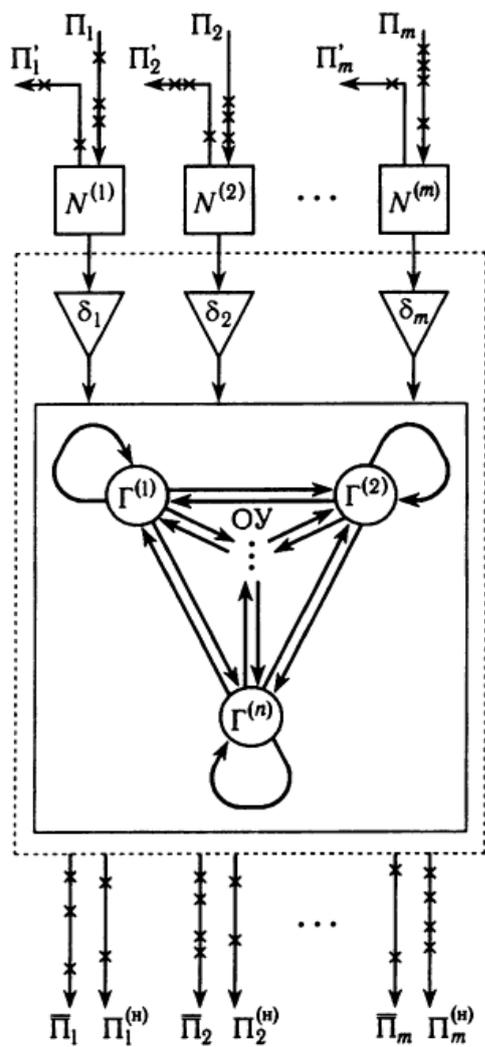


Рис. 2. Схема управляющей системы обслуживания [2].

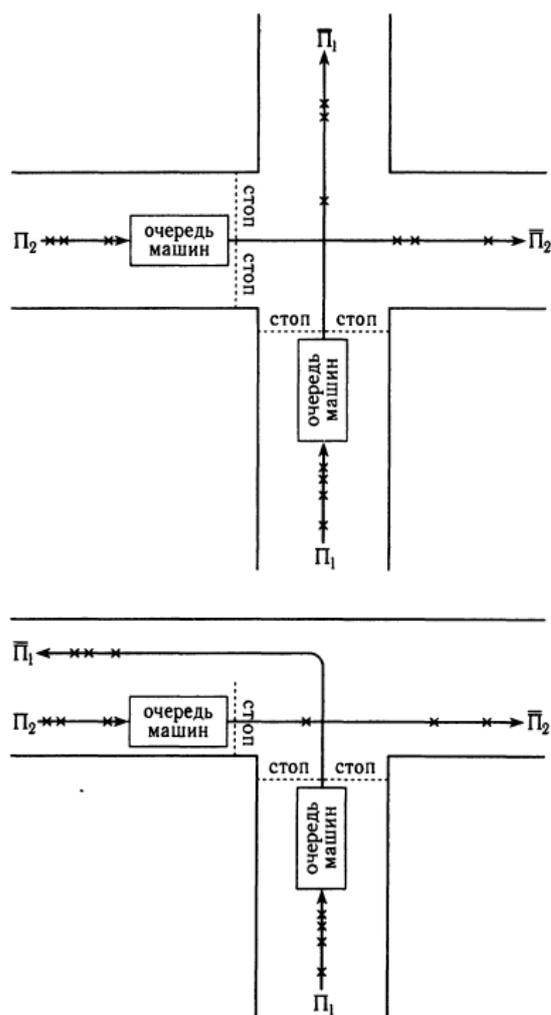


Рис. 3. Схема организации движения транспорта на крестообразном (вверху) и Т-образном перекрестках [2].

Схема управляющей системы приведена на рис. 2.

Управляющая система состоит из следующих элементов: Π_1, \dots, Π_m — входящие потоки заявок; $N^{(1)}, \dots, N^{(m)}$; $\delta_1, \dots, \delta_n$ — устройства по организации дисциплины очереди; Π'_1, \dots, Π'_m — потоки потерянных заявок; $\bar{\Pi}_1, \dots, \bar{\Pi}_m$ — потоки обслуженных заявок; $\Pi_1^{(n)}, \dots, \Pi_m^{(n)}$ — потоки насыщения; ОУ — обслуживающее устройство; $\Gamma_1, \dots, \Gamma_n$ — состояния управляющей системы.

На рисунке 3 показано представление схемы организации дорожного движения на перекрестках с помощью управляющей системы.

Смысл перечисленных элементов управляющей системы обслуживания будет пояснен на приводимых ниже примерах.

В [1] рассматривается система массового обслуживания, которая в каждый момент времени находится

в одном из $2m$ состояний $\Gamma^{(r)}$, $r = 1, \dots, 2m$. В систему поступают m потоков Π_i , $i = 1, \dots, m$, которые интерпретируются как конфликтные. Заявки конфликтных потоков обслуживаются в непересекающиеся интервалы времени, разделенными интервалами, когда обслуживание заявок не происходит. Состояния обслуживающего устройства изменяются в моменты времени θ_i , $i = 0, 1, 2, \dots$. Пусть Γ_i — состояние устройства в промежутке времени $[\theta_i, \theta_{i+1}]$ и $v(\Gamma_i)$ — длительность интервала пребывания устройства в этом состоянии. Принимается, что $\theta_0 = 0, \Gamma_0 = \Gamma^{(1)}$. Если $\Gamma_i = \Gamma^{(r-1)}$, $r = 1, \dots, 2m$, то $\Gamma_{i+1} = \Gamma^{(r)}$. Если $\Gamma_i = \Gamma^{(2m)}$, то $\Gamma_{i+1} = \Gamma^{(1)}$. Эти условия задают циклический алгоритм изменений состояний обслуживающего устройства. В состоянии $\Gamma^{(2j-1)}$ обслуживаются заявки потока Π_j , причем за один интервал времени пребывания системы в этом состоянии может быть обслужено не более $l_j = \mu_j v(\Gamma^{(2j-1)})$ заявок, где μ_j — константа, называемая интенсивностью j -го потока насыщения. В состояниях $\Gamma^{(2j)}$ потоки не обслуживаются.

В приводимых ниже примерах из [1] транспортный поток задается пуассоновским потоком или его обобщением — потоком Бартлетта, задаваемый последовательностью (τ_i, η_i) , $i = 0, 1, 2, \dots$, τ_i — момент прибытия i -го медленного автомобиля к стоп-линии перекрестка, а η_i — число автомобилей в группе, содержащей этот медленный автомобиль и следующие за ним быстрые автомобили, ожидающие возможность совершить обгон $i = 0, 1, 2, \dots$. Суммарное число автомобилей в такой группе с вероятностью 1 равно 1 и с вероятностью $d(1-q)q^{n-2}$ равно n при $n \geq 2, 0 < d < 1, 0 < q < 1$.

Пример 1 [1]. К перекрестку прибывают пуассоновские потоки Π_1 и Π_2 автомобилей, причем интенсивности этих потоков равны соответственно $\lambda_1 = 0.1$ 1/сек и $\lambda_2 = 0.2$ 1/сек. При оптимальных значениях $v(\Gamma^{(1)}) = 7$ сек, $v(\Gamma^{(2)}) = v(\Gamma^{(4)}) = 3$ сек, $v(\Gamma^{(3)}) = 9$ сек длительностей фаз светофора (состояний обслуживающего устройства) стационарное среднее значение времени пребывания заявки в системе равно 6.1 сек. Если входящие потоки Π_1 и Π_2 являются потоками Бартлетта с той же интенсивностью, то оптимальные значения параметров длительностей $v(\Gamma^{(r)})$, $r = 1, 2, 3, 4$, дают среднее время пребывания заявки в системе, равное 124.4 сек. Таким образом, имеет место резкое увеличение при изменении структуры потока.

Пример 2 [2]. Предполагается, что входящий поток является пуассоновским с параметром $\lambda_1 = 0.08$ 1/сек, $\mu_1 = 0.5$ сек. Для циклического алгоритма обслуживания заданы следующие значения параметров: $v(\Gamma^{(1)}) = 62$ сек, $v(\Gamma^{(2)}) = v(\Gamma^{(4)}) = 4$ сек, $v(\Gamma^{(3)}) = 140$ сек. Нагрузка ρ_1 по потоку $\Gamma^{(1)}$ равна 0.542. С помощью математического моделирования транспортного потока через перекресток по десяти независимым реализациям вычислялись максимальная γ_{max} и минимальная γ_{min} оценки для среднего значения γ_1 времени пребывания заявки потока $\Pi^{(1)}$. Время переходного процесса при имитационном моделировании определяется из условия, при котором впервые после начала имитации выполнялось равенство

$$(\gamma_{max} - \gamma_{min})(\gamma_{min})^{(-1)} \cdot 100\% < 15\%.$$

Как отмечается в [1], это неравенство используется инженерами-транспортниками при получении оценки для γ по реальным наблюдениям. Для транспортного потока с приведенными параметрами время переходного процесса не превышает 48 мин. При рассмотрении транспортного потока с большой нагрузкой, например, с параметрами $\lambda_j = 0.6$ 1/сек, $\mu = 2$ сек, $v(\Gamma^{(1)}) = 14$ сек, $v(\Gamma^{(2)}) = v(\Gamma^{(4)}) = 4$ сек, $v(\Gamma^{(3)}) = 23$ сек, $\rho = 0.96$ время переходного периода 12 часов.

Исследование управляющей системы обслуживания и решение задачи оптимизации параметров управляющей системы осуществляется с помощью имитационного моделирования или с помощью численных подходов. В [1] изложен подход к решению задачи оптимизации и приведены примеры приложений подхода к задаче организации движения на перекрестке.

В [2] рассмотрены примеры алгоритмов регулирования потоками.

При циклическом алгоритме число состояний обслуживающего устройства равно $2m$, где m — число по-

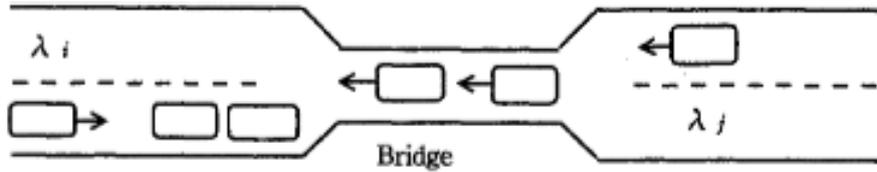


Рис. 4. Модель движения по мосту с однополосным движением с переходом на двухполосное движение [4].

токов. При пребывании устройства в $(2j-1)$ -м состоянии обслуживаются заявки j -го потока, а в $(2j)$ -м состоянии заявки не обслуживаются, $j = 1, \dots, m$.

При алгоритме с упреждением, представляющем собой модификацию циклического алгоритма, потоки разбиваются на группы: приоритетный малоинтенсивный поток; группа из $2m$ малоинтенсивных потоков; интенсивный поток. В задаче управления транспортом первую группу образует поток автомобилей, в котором нежелательно скопление большой очереди в связи с незначительным расстоянием до соседнего перекрестка. Вторую группу составляют потоки въезда и выезда из города. Третью группу составляют средства общественного транспорта. Алгоритм с упреждением управляет потоками лишь по информации о наличии очереди в приоритетном потоке и поэтому применим при регулировании на реальных перекрестках.

Алгоритм с ориентацией и переналадками реализует циклический алгоритм так, что длительности обслуживания зависят от очередей по потокам.

Пример 3 [2]. На пересечении улиц Ульянова и Пискунова в Нижнем Новгороде до 1970 года осуществлялось регулирование по циклическому алгоритму с параметрами, подобранными эмпирическим путем, при этом обеспечивалось среднее время пересечения автомобиля перекрестка, равное 10.5 сек. Применение алгоритма с упреждением при соответствующем выборе значений параметров позволило уменьшить это время до 5.1 сек и устранить транспортные сбои на участках на перекрестках.

В [3] рассматривается управляющая система массового обслуживания, в которой входящий поток является потоком Гнеденко–Коваленко. Пусть η — случайная величина, представляющая собой число всех типов автомобилей, пересекающих некоторую виртуальную линию магистрали за промежутков $[0, t)$. Тогда вероятность того, что $\eta(t)$ примет значение k равна

$$P(\eta = k) = e^{(-\lambda t)} = e^{-\lambda t \sum_{i=0}^{[k/2]} c_{k-i}^i p^{k-2i} q^i} \frac{(\lambda t)^{k-1}}{(k-i)!},$$

$$k = 0, 1, 2, \dots,$$

(в общепринятых обозначениях), $[k/2]$ — целая часть $k/2$. В [3] приводятся результаты аналитических исследований. Предложена имитационная модель, которая вычисляет характеристики выходящего потока и решает задачу оптимизации по минимуму стационарного среднего взвешенного времени ожидания начала переезда автомобиля.

2. В [4] рассматривалась математическая модель движения автомобилей, которые пересекают однополосный мост на дороге с двухсторонним движением, Рис.4. Как только автомобиль начинает двигаться по мосту, движущиеся в противоположном направлении автомобили должны ожидать. Очереди, находящиеся на двух сторонах моста, называются очередями Q_1 и Q_2 . Автомобили, поступающие в очередь Q_i , (автомобили типа i) образуют пуассоновский поток с интенсивностью λ_i и промежутки времени, в которые эти автомобили движутся по мосту, называются периодами типа i , $i = 1, 2$. Если в момент времени, в который заканчивается период типа j и начинается период типа $i \neq j$, число ожидающих автомобилей равно k , то нужно kt секунд, чтобы k -й автомобиль начал пересекать мост. В [4] получена формула для средней длительности интервала времени от момента прибытия автомобиля i -го типа до момента начала его движения по мосту при выполнении условия стационарности $\lambda_1 \tau_1 + \lambda_2 \tau_2 < 1$

В [5] рассматривается модель, заимствованная из [28]. Имеется два типа автомобилей, движущихся в одном направлении. Автомобиль типа i движется со скоростью v_i , $i = 1, 2$, $v_1 > v_2$ (автомобили первого типа — быстрые, автомобили второго типа — медленные). В начальный момент времени быстрые автомобили образуют пуассоновский точечный поток на всей прямой с параметром λ_i , а медленные автомобили находятся в точках $x_0 = 0 < x_1 < \dots < x_n$, причем разности $x_k - x_{k-1}$ имеют одинаковое распределение (не обязательно экспоненциальное) со средним значением $1/\lambda$. Если быстрый автомобиль догоняет медленный, то он движется вместе с медленным с экспоненциально распределенным временем со средним значением $1/\mu$, а затем обгоняет медленный и движется со средней скоростью v_j . Если за медленным автомобилем следует группа быстрых, то обгон осуществляется в порядке

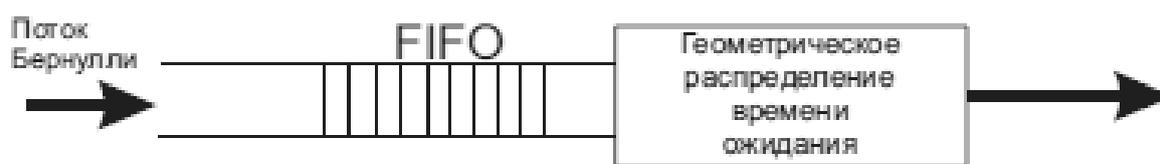


Рис. 5. Замкнутая цепочка СМО Бернулли

очереди. Без ограничения общности можно полагать, что $v_2 = 0$, $v = v_1 - v_2$. Медленный автомобиль можно рассматривать как узел обслуживания заявок (быстрых автомобилей). Такой узел представляет собой одноканальную систему массового обслуживания с ожиданием, в котором время обслуживания заявки распределено по экспоненциальному закону с параметром μ . Можно считать, что быстрые автомобили, обгоняя медленные автомобили проходят последовательно обслуживание в узлах линейной сети массового обслуживания и использовать известные результаты для таких сетей.

В [5] рассматриваются также более сложные модели трафика, основанные на открытых или замкнутых сетях массового обслуживания.

Случайные процессы с запретами и сети массового обслуживания

1. Процесс с нулевым диапазоном представляет собой вероятностную модель, в которой неразличимые частицы находятся в ячейках на решетке [8]. Каждая ячейка решетки может содержать целое число частиц. Частицы перескакивают в следующую ячейку с вероятностью, зависящей от числа частиц в покидаемой ячейке. Таким образом, каждая частица взаимодействует только с частицами, находящимися в той же ячейке, т.е. имеется взаимодействие частиц с нулевым диапазоном. Процесс полностью асимметричен, так как частицы могут двигаться только в заданном направлении.

В [7], [8] рассматривается следующая версия случайного процесса с нулевым диапазоном. Частицы располагаются в ячейках замкнутой одномерной решетки. Обновление конфигурации частиц происходит в дискретные моменты времени. На каждом шаге одновременно в каждой ячейке одна частица с заданной вероятностью пытается переместиться в следующую ячейку.

Одномерный случайный процесс с нулевым диапазоном может быть отображен на случайный процесс с запретами, т.е. на многочастичную систему на замкнутой решетке, в каждой ячейке которой находится не более одной частицы. Частицы процесса с запретами могут называться транспортными средствами [8].

В соответствии с рассматриваемым отображением частицы процесса с нулевым диапазоном, находящиеся в ячейке i соответствуют числу свободных ячеек перед транспортным средством i , следующим за транспортным средством в процессе с запретами. Перемещение частицы в процессе с нулевым диапазоном соответствует перемещению транспортного средства в процессе с запретами. Число ячеек в процессе с запретами и, следовательно, число транспортных средств равно числу ячеек в процессе с нулевым диапазоном.

В [8] найден алгоритм вычисления значения стационарной вероятности перемещения транспортного средства в рассматриваемой случайном процессе с запретами. Это значение понимается как средняя скорость транспортного средства и дает оценку скорости моделируемого автотранспортного потока.

Такой же случайный процесс с запретами рассматривался в [31], где была получена явная формула для средней скорости частицы (транспортного средства).

В [8] доказано, что если в случайном процессе с запретами рассматриваемого вида число частиц и число ячеек стремятся к бесконечности, а отношение числа частиц к числу ячеек стремится к заданному значению, то средняя скорость частицы стремится к значению средней скорости частицы на прямой. Формула для этого значения была ранее получена в [29].

2. В [8] найдена формула для средней скорости частицы в случайном процессе с запретами на прямой, в котором частицы (транспортные средства) различаются по типам. При выводе формулы использовались факты теории сетей массового обслуживания с дискретным временем [13]. Аналогично, используя факты этой теории, можно найти среднюю скорость частицы на соответствующей замкнутой решетке.

3. Рассмотрим сеть массового обслуживания (СМО), т.е. замкнутую цепочку узлов, каждый из которых является одноканальной СМО Бернулли [13] с бесконечным числом мест ожидания, рис. 5. В цепочке имеется I узлов. Заявка, покинувшая узел i , немедленно поступает в узел $i + 1$ (при нумерации узлов формально полагаем $I + 1 := 1$ и $1 - 1 := I$).

Если в момент времени t в узле i заявка находится на обслуживании, то в конце промежутка времени $[t, t+1)$ с вероятностью p_i ($0 < p_i < 1$) это обслуживание заканчивается в момент времени $t+1$ эта заявка будет находиться в узле $i+1$; с вероятностью $q_i = 1 - p_i$ эта заявка остается в узле i по крайней мере еще на один квант времени, $i = 1, \dots, I$. Заявка, поступившая в момент времени $t+1$ в узел $i+1$, либо становится там в конец очереди (если имеются другие заявки), либо немедленно занимает прибор (если в момент времени t в этом узле находилась ровно одна заявка, достигшая последнего кванта обслуживания). Поступлений заявок извне и уходов заявок из сети не происходит и, таким образом, число заявок в системе постоянно. Пусть это число равно L .

Обозначим через (k_1, \dots, k_I) состояние системы, когда число заявок в узле i равно k_i , $i = 1, \dots, I$. Функционирование системы описывается случайным процессом $X = X(t) = (X_1(t), \dots, X_I(t))$, $t = 0, 1, 2, \dots$ с пространством состояний $X_1 + \dots + X_I = L$.

Предположим, что имеется кольцевая последовательность ячеек. Число ячеек равно N . Имеются M частиц, каждая из которых в текущий дискретный момент времени находится в одной из ячеек, причем ни в одной из ячеек не может одновременно находиться более одной частицы. Частицы могут перемещаться в моменты времени $0, 1, 2, \dots$. Перемещение частиц происходит в одном и том же направлении. За i -й ячейкой в направлении движения следует $(i+1)$ -я ячейка, $i = 1, \dots, N$. За N -й ячейкой следует ячейка 1. За i -й частицей в направлении движения следует $(i+1)$ -я частица, $i = 1, \dots, M-1$. За M -й частицей следует частица 1. Если в момент времени t ячейка впереди i -й частицы свободна, то в момент времени $t+1$ эта частица с вероятностью p_i будет находиться в следующей по направлению движения ячейке и с вероятностью $1 - p_i$ будет оставаться на месте, $0 < p_i < 1$, $i = 1, \dots, M$.

Поведение модели случайного блуждания описанного вида и соответствующей СеМО представляется одной и той же цепью Маркова $X(t) = (X_1(t), \dots, X_I(t))$ (считаем, что $I = M$, т.е. число узлов СеМО равно числу частиц в модели), если для модели под $X_i(t)$ понимается число свободных позиций между частицами i и $i+1$ в момент времени t , а для сети обслуживания — число заявок

Под средней скоростью частицы по-прежнему понимаем стационарную вероятность перемещения частицы в текущий момент времени. Из того, что частицы не могут обгонять друг друга, следует, что все частицы имеют одну и ту же скорость. Обозначим скорость частиц через v .

Поставим в соответствие целочисленный вектор (k_1, \dots, k_M) , $k_i \geq 0$, состоянию модели, для которого число свободных ячеек в направлении движения между частицами i и $i+1$ равно k_i , $i = 1, \dots, M$. Поведение модели описывается цепью Маркова $X = X(t) = (X_1(t), \dots, X_M(t))$, $t = 0, 1, 2, \dots$, с пространством состояний

$$\tilde{S} := \tilde{S}(N, M) := \{(k_1, \dots, k_M), \\ i = 1, \dots, M; k_1 + \dots + k_M = N - M\}.$$

Одна и та же цепь Маркова $X(t) = (X_1(t), \dots, X_M(t))$ описывает как поведение модели случайного блуждания описанного вида и соответствующей СеМО, если положить $I = M$, $L = N - M$ (т.е. число узлов СеМО равно числу частиц в модели, а число заявок в сети равно числу свободных позиций в модели), тогда под $X_i(t)$ следует понимать число свободных ячеек между частицами i и $i+1$ в момент времени t , а для СеМО — число заявок в узле. Сравнивая поведение рассматриваемого случайного процесса с запретами и соответствующей СеМО и используя известные факты теории сетей массового обслуживания с дискретным временем [13], получаем следующие утверждения:

1) Существуют стационарные вероятности состояния рассматриваемой цепи Маркова, которые вычисляются по формуле

$$P(k_1, \dots, k_M) = \\ = \left(\prod_{i=1}^M \left(\frac{q_i}{p_i} \right)^{k_i} \left(\frac{1}{q_i} \right)^{\eta(0, k_i)} \right) \cdot G(N, M)^{-1}, \\ (k_1, \dots, k_M) \in \tilde{S}(N, M),$$

где $G(N-M, M)^{-1}$ — константа нормировки, для вычисления которой можно использовать следующий рекурсивный алгоритм:

$$G(1, M) = \sum_{d_i}^M \frac{1}{d_i}, \quad M \geq 1; \quad G(N-M, 1) = \\ = \left(\frac{q_1}{p_1} \right)^{N-M} \frac{1}{q_1}, \quad n - M \geq 1, \\ G(N-M, M) = G(N-M, M-1) + \\ + \frac{q_M}{p_M} G(N-M-1, M) + \\ + G(N-M-1, M-1), \quad N-M \geq 2, \quad M \geq 2.$$

2) Стационарная вероятность $P(X_i \geq k)$ того, что между частицей i , $i = 1, \dots, I$, и частицей впереди нее

имеется не менее k свободных позиций, вычисляется по формуле

$$\begin{aligned}
 P(X_i \geq k) &= \\
 &= \left(\frac{q_i}{p_i}\right)^k \frac{1}{q_i} G_1(N - M - k + 1, M) G(N - M, M)^{-1}, \\
 \forall k &= 1, \dots, N - M - 1; \\
 G_1(N - M, M) &= \\
 &= \sum \left(\frac{q_1}{p_1}\right)^{k_1} \prod_{i=2}^M \left(\frac{q_i}{p_i}\right)^{k_i} \left(\frac{1}{q_i}\right)^{\eta(o, k_i)} \quad (66)
 \end{aligned}$$

где суммирование осуществляется по всем наборам целых неотрицательных чисел k_1, \dots, k_M , таких, что $k_1 + \dots + k_M = N - M - 1$.

Константа $G_1(N - M, M)$ может быть вычислена по рекурсивной формуле

$$\begin{aligned}
 G_1(2, M) &= \frac{q_1}{p_1} + \sum_{i=2}^m \frac{1}{p_i}, \quad M \geq 1, \quad (67) \\
 G_1(N - M, M) &= \\
 &= G(N - M - 1, M - 1) + \frac{q_M}{p_M} G_1(N - M - 1, M), \\
 N - M &\geq 3, \quad M \geq 1. \quad (1)
 \end{aligned}$$

3) Средняя скорость частицы v вычисляется по формуле

$$v = p_1 P(X_1 \geq 1); \quad P(X_1 \geq 1) =$$

$$= \frac{1}{p_1} G_1(N - M + 1, M) G(N - M, M)^{-1}. \quad (2)$$

$G_1(N - M, M)$ вычисляется по формулам (1), (2).

3. В [9], [10] предложены модели трафика, основанные на случайных процессах с запретами с дискретным и непрерывным временем (соответственно синхронные и асинхронные случайные процессы с запретами в терминологии [32]). При выводе формул средней скорости частицы используются соответственно факты теории сетей массового обслуживания соответственно с дискретным [13] и непрерывным временем [12].

Заключение

Изложены подходы, использующие теорию массового обслуживания в математическом моделировании трафика. Приведены примеры применения этих подходов. При моделировании трафика на участках возле пересечений магистралей используется системы массового обслуживания, характеристики которых исследуются в основном имитационным моделированием. Изложен также подход, который позволяет переформулировать математическое описание модели трафика таким образом, что становится очевидной возможности применения известных результатов теории сетей массового обслуживания с непрерывным или дискретным временем. Обновление конфигурации частиц происходит в дискретные моменты времени. На каждом шаге одновременно в каждой ячейке одна частица с заданной вероятностью пытается переместиться в заданную ячейку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голышева Н.М., Федоткин М.А. Циклическое управление конфликтными потоками в условиях гибели и рождения очередей критических размеров // Автоматика и телемеханика, 1990, № 4, с. 68–75.
2. Федоткин М.А. Процессы обслуживания и управляющие системы // Мат. вопросы кибернетики, 1996, т. 6, с. 51–70.
3. Федоткин М.А., Федоткин А.М. Анализ и оптимизация выходных процессов при циклическом управлении конфликтными транспортными потоками Гнеденко — Коваленко // Автоматика и телемеханика, 12, 2009, с. 92–108.
4. Suzuki S., Yamashita H. Mean waiting times on the alternating traffic with starting delays // J. Oper. Res. Soc. Japan, 1998, vol. 41, № 3, pp. 442–454. 10.15807/jorsj.41.442
5. Замятин А.А., Малышев В.А. Введение в стохастические модели транспортных потоков. В кн.: Введение в математическое моделирование транспортных потоков. Под ред. А.В. Гасникова. Изд. 2-е. Москва, Изд-во МЦНМО, 2013. С. 272–305.
6. Kanai M, Nishinary K., Tokihiro T. Exact solution and asymptotic behavior of the asymmetric simple exclusion process on a ring Statistical Mechanics (cond-mat. stat-mech). J. Phys. A: Math. Gen. 39 (2006) 9071–9079 DOI: 10.1088/0305-4470/39/29/004 arXiv.0905.2795v1
7. Kanai M. Exact solution of the zero-range process: fundamental diagram of the corresponding exclusion process. arXiv: cond-mat 07011900–2 16 Feb 2009
8. Буслаев А.П., Яшина М.В., Таташев А.Г. О функциях состояния в модели неоднородного трафика // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), 2017. № 3 (50). С. 45–51.
9. Бугаев А.С., Таташев А.Г., Яшина М.В., Лавров О.С., Носов Е.А. Восстановление динамики транспортного потока на основе детерминированно-стохастической модели и данных с интеллектуально транспортных систем // T-Comm, 2019, vol. 13, № 10, с. 1–10. DOI: 10.24411/2072-8735-2018-10315
10. Yashina M.V., Tatashev A.G. Evaluation of highway traffic intensity with different vehicle types. Russ. Engin. Res., 2021, vol. 41, pp. 545–547. DOI: 10.3103/S1068798X21060265

11. Spitzer F. Interaction of Markov processes *Adv. Math.*, 1970, vol. 5, pp. 246–290. DOI: 10.1016/0001-8708(70)90034-4
12. Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания // Москва, Изд-во РУДН, 1995. 529 с.
13. Daduna H. Queuing networks with discrete time scale: explicit expression for the steady state behavior of discrete time stochastic networks. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2001. DOI: 10.1007/3-540-44592-7 2001.
14. Buslaev A.P., Prikhodko V.M., Tatashev A.G., Yashina M.V. The deterministic- stochastic flow model, 2005, arXiv.physics/0504139/physics.soc-phi
15. Lukanin V.N., Buslaev A.P., Novikov A.V., Yashina M.V. Traffic flows modelling and the evaluation of energy-ecological parameters. Part I // *Int. J. of Vehicle Design*, 2003, vol. 33, № 4, pp. 381–399.
16. Lukanin V.N., Buslaev A.P., Novikov A.V., Yashina M.V. Traffic flows modelling and the evaluation of energy-ecological parameters. Part II // *Int. J. of Vehicle Design*, 2003, vol. 33, № 4, pp. 400–421.
17. Pospelov P.I., Belova M.A., Kostsov A.V., A.G. Tatashev A.G., Yashina M.V. Technique of traffic flow evolution localization for calibration of deterministic-stochastic segregation model // 2019 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, 2019, pp. 1–5. DOI: 10.1109/SOSG.2019.8706766
18. Pospelov P., Kostsov A., Tatashev A., Yashina M. A mathematical model of traffic segregation on multilane road // *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 2019, vol. 7, no. 1, pp. 442–446. DOI:10.21533/pen.v7i1.384
19. Yashina M.V., Tatashev A.G., Pospelov P.I., Susoev N.P. Optimization of regulation parameters for traffic scenario with dedicated public transport lane, 2020 International Conference on Engineering Management of Communication and Technology (EMCTECH), 2020, pp. 1–6. DOI: 10.1109/EMCTECH49634.2020.9261534.
20. Yashina M.V., Tatashev A.G., Pospelov P.I., Duc Long., Susoev N.P. Evaluation methodology of distribution of vehicle lane-change probabilities on multilane road before crossroad // 2021 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, 2021, pp. 1–5.
21. Pospelov P.I., Le Duc Long, Tatashev A.G., Yashina M.V. Methodology of assessing the regulated crossing throughput with a dedicated lane for ground public transport based on a probabilistic model // 2021 IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1159 012084.
22. Пospelov П.И., Ле Д.Л. Организация движения на нерегулируемом пересечении с выделенной полосой для наземного общественного транспорта // *Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ)*, 2021, № 2(65), с. 88–95.
23. Терентьев А.В. Многокритериальный показатель качества автомобиля / А.В. Терентьев / А.В. Терентьев // *Вестник гражданских инженеров. Санкт-Петербург: СПбГ АСУ*, 2015. — 1(48). С. 2001–2004.
24. Карелина М.Ю., Арифиллин И.В., Терентьев А.В., Аналитическое определение весовых коэффициентов при многокритериальной оценке эффективности автотранспортных средств // *Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ)*, 2018, т. 52, № 1, с. 3–9.
25. Трофименко Ю.В. Оценка вреда, наносимого окружающей среде автотранспортным комплексом региона // *Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического института (государственного технического университета)*, 2009, т. 17, № 2, с. 97–103.
26. Трофименко Ю.В., Якубович А.Н. Риски природных катастроф на перспективной сети скоростных автомобильных дорог России. *Наука и техника дорожной отрасли*, 2017, т. 79, № 1, с. 38–43.
27. Trofimenko Yu., Komkov V., Trofimenko K. Forecast of energy consumption and greenhouse gase emissions // *Transportation Research Procedia*, 2020, vol. 50, pp. 698–707. DOI: 101016/j.trpro. 2020.10.082
28. Kelly F. Reversibility and stochastic networks. New York, Wiley, 1979.
29. Schreckenberg M., A. Schadschneider A., Nagel K., and Ito N. Discrete stochastic models for traffic flow // *Phys. Rev. E*, vol. 51, 2939. DOI: 10.1103/PhysRevE.51
30. Kelly F. Reversibility and stochastic networks. New York, Wiley, 1979.
31. Buslaev A.P., Tatashev A.G. (2011). Particles flow on the regular polygon // *Journal of Concrete and Applicable Mathematics*, vol. 9, no. 4, pp. 290–303.
32. Blank M. Metric Properties of discrete time exclusion type processes in continuum // *J. Stat. Phys.*, 2010, vol. 140, pp. 170–197. DOI: 10.1007/s10955-010-9983-y

© Пospelov Павел Иванович (pospelov@yadi.ru), Таташев Александр Геннадьевич (a-tatashev@yandex.ru),
Терентьев Алексей Вячеславович (aleksej.terentev.67@bk.ru), Трофименко Юрий Васильевич (ecology@yadi.ru),
Яшина Марина Викторовна (yash-marina@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО КЛАССИФИКАТОРА ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АВТОРУЛЕВОГО НА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКЕ

MACHINE LEARNING OF NEURAL NETWORK CLASSIFIER FOR INTELLIGENT AUTOPILOT ON FUZZY LOGIC

**N. Sedova
R. Bazhenov
A. Dorofeev
S. Glushkov**

Summary. The article reflects the results of the development of an intelligent autopilot model, where a neural network classifier was used to adapt the regulator, which selects the parameters of such a regulator in accordance with neural network ships models obtained from their trajectories. The article reflects the results of the development of an intelligent autopilot model, where a neural network classifier was used to adapt the regulator, which selects the parameters of such a regulator in accordance with neural network ships models obtained from their trajectories.

Using a certified signal simulator for autopilots, ships movement trajectories for different types of vessels under different sailing conditions were obtained. The optimization selection of the type, architecture and learning algorithm of the neural network for each trajectory was carried out. A spectral analysis showing the change in the spectral characteristics of ship models when changing weather conditions was done. The knowledge base of the neural network classifier of 24 neural network models of sea ships trajectories was formed, and usability of proposed approach was shown.

Keywords: navigation safety, intelligent autopilot, machine learning methods, classifier, fuzzy logic controller, neural network.

Седова Нелли Алексеевна

*К.т.н., доцент, Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского (г. Владивосток)
nellyfish81@mail.ru*

Баженов Руслан Иванович

*К.п.н., доцент, Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема (г. Биробиджан)
r-i-bazhenov@yandex.ru*

Дорофеев Андрей Сергеевич

*К.т.н., доцент, Иркутский национальный исследовательский технический университет (г. Иркутск)
dorbaik2007@mail.ru*

Глушков Сергей Витальевич

*Д.т.н., профессор, Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского (г. Владивосток)
glushkov@msun.ru*

Аннотация. В работе приведены различные подходы к разработке интеллектуальных авторулевых, при этом указаны преимущества тех или иных интеллектуальных систем. Отмечается, что использование методов машинного обучения, в том числе нейросетевых технологий, является перспективным подходом в связи с многочисленными возможностями по обработке больших массивов данных. Предложено использование методов машинного обучения для формирования нейросетевых моделей, имитирующих траектории движения судов, а также для разработки нейросетевого классификатора, который группирует эти траектории по критериальным признакам. Таким образом, разрабатываемый авторулевой, регулятор которого настраивается классификатором в соответствии с характеристиками движения судна (зависящими от ветро-волновых условий плавания, типа, загрузки судна и т.д.) получает возможность самоадаптации под текущие условия плавания.

С использованием сертифицированного имитатора сигнала для авторулевых получены траектории движения судов (для разных типов судов при различных условиях плавания), для каждой траектории проведен оптимизационный подбор типа, архитектуры и алгоритма обучения нейронной сети. Проведен спектральный анализ, показывающий изменение спектральной характеристики моделей судов при смене погодных условий. Сформирована база знаний нейросетевого классификатора из 24 нейросетевых моделей траекторий движения морских судов, показана принципиальная работоспособность предложенного подхода.

Ключевые слова: безопасность мореплавания, интеллектуальный авторулевой, методы машинного обучения, классификатор, регулятор на нечеткой логике, нейронная сеть.

Введение

Обеспечение безопасного мореплавания актуально в настоящее время в связи с существующей высокой интенсивностью судоходства, регулярным ростом цен на топливо для судовых силовых установок, усилением экологических аспектов эксплуатации морского флота. Также следует отметить строительство скоростных и крупнотоннажных судов, управление которыми на качественном уровне требует дополнительных средств автоматизации процессов судовождения [1]. Для автоматизированного или автоматического решения различных навигационных задач, связанных с обеспечением безопасности судоходства, например, при удержании судна на курсе, целесообразно использовать авторулевыми, оптимально настраивающий параметры системы. Такой адаптивный авторулевой должен подстраиваться под внешние силы, которые воздействуют на судно.

Поскольку морское судно относится к весьма сложным в построении математической модели объектам управления [2], то использование традиционных пропорционально-интегрально-дифференциальных (ПИД) систем управления не является оптимальным. Это вызвано тем, что во время эксплуатации системы параметры и внешние воздействия меняются случайным образом и в достаточно широком диапазоне (направление и сила ветра, высота и длина волны, гидродинамические характеристики судна, осадка, глубина воды под килем, скорость хода судна).

Интеллектуальные авторулевы являются развитием адаптивных систем в направлении расширения возможностей выполнения более сложных задач в неопределённой среде при неполной информации, возникающих при решении значительного числа задач судовождения [3]. К интеллектуальным авторулевым принято относить авторулевы, использующие математический аппарат теории систем искусственного интеллекта, в том числе машинного обучения (чаще всего теории искусственных нейронных сетей или эволюционных алгоритмов), систем на основе нечёткой логики или их комбинации, так как именно такие системы способны качественно управлять процессами со сложно формализуемыми математическими моделями в различных условиях (нестационарных, нелинейных, со случайными внешними воздействиями и т.д.).

Интеллектуальные авторулевы на основе алгоритмов машинного обучения

В качестве интеллектуальных авторулевых целесообразно использовать авторулевы на основе алгорит-

мов машинного обучения по ряду преимуществ перед классическими авторулевыми, (пропорционально-дифференциальным и ПИД-авторулевым) [3–5], к основным преимуществам относятся: способность управлять многомерными процессами и системами без значительного увеличения времени необходимых вычислений, возможность интегрировать частные данные для определения закономерностей процесса управления, а также возможность неаналитического представления нелинейных объектов управления и описания процессов, характеризующихся неоднозначностью и большим количеством самых разных возмущающих воздействий.

В настоящее время особенно развиваются интеллектуальные авторулевы, использующие алгоритмы машинного обучения, способные к обучению на примерах, например, нейронные сети. Многочисленные проведённые натурные или полунатурные испытания служат источником для формирования обучающих выборок для таких алгоритмов. Нейронным сетям приписывают множество достоинств: параллельный механизм обработки данных, способность прогнозировать изменения входной информации, сохранение работоспособности при частичном выходе из строя элементов и связей нейронной сети и т.д.

Недостаток нейронных сетей заключается в том, что они не являются универсальными, поэтому чтобы перепрограммировать нейронную сеть на решение новой задачи, необходимо фактически заново создать её внутреннюю архитектуру. Однако подобное сужение специализации нейронных сетей компенсируется их способностью к обучению: при соответствующем обучении нейронная сеть приобретает способность выполнять практически любые преобразования данных.

Нейронные сети при управлении морским судном могут использоваться несколькими способами: при непосредственном создании интеллектуального авторулевого, при построении блока настройки коэффициентов традиционного (например, ПИД) авторулевого и при формировании нейросетевой модели движения морского судна.

Например, в работе [6] предложена интеллектуальная система управления транспортом, в которой в качестве регулятора используется регулятор на базе вейвлет-нейронной сети. Предлагаемая система управления включает нейросетевой контроллер. Подобные стратегии управления, связанные с контролем траектории хорошо зарекомендовали себя, в частности, в работах [7, 8].

Удержание судна типа нефтяной танкер на курсе успешно проведено с использованием регулятора

на базе адаптивной нейро-нечеткой системы вывода (ANFIS), как показано в работе [9]. Авторы отмечают, что при нелинейном и движении судна контроллер удержания курса на базе ANFIS успешно справляется с оптимальной настройкой параметров.

Методы машинного обучения успешно используются для отслеживания траектории движения морского судна, а также для прогнозирования поведения морского судна, как показано, например, в работе [10].

Интеллектуальные авторулевые на основе эволюционных алгоритмов

Помимо нейросетевых технологий также могут использоваться эволюционные алгоритмы, осуществляющие обучение с подкреплением [11]. Эволюционные алгоритмы при управлении морским судном могут использоваться следующими способами: при идентификации параметров объекта управления; для настройки параметров классических (на основе ПИД-управления, например) авторулевых; для поиска оптимальных параметров нечетких или нейросетевых авторулевых.

Так, исследователями [12] изучены некоторые способы формирования закона управления, в том числе классические контроллеры, настроенные с использованием эволюционных алгоритмов. В работе [13] авторами настоящей работы предложен и исследован интеллектуальный авторулевой для морских судов, содержащий нечеткий регулятор, настройка параметров которого осуществляется эволюционным алгоритмом по соответствующим нейросетевым моделям траекторий движения морских судов.

При введении эволюционного алгоритма в качестве оптимизирующей составляющей параметров нейронной сети, возникает необходимость соответствующего хромосомного представления данных, т.е. должен быть создан способ эволюционного кодирования всех возможных вариантов нейронных сетей.

В результате применения эволюционных алгоритмов с выбранным методом селекции хромосом формируется новая популяция особей (потомков). Последующие шаги алгоритма повторяются для очередной популяции вплоть до выполнения условия завершения. Наилучшая особь из последнего поколения считается наилучшим множеством весов, наилучшей архитектурой и наилучшим правилом обучения нейронных сетей.

В работе применяется так называемый гибридный подход, состоящий в объединении двух методов. Вначале при помощи эволюционного алгоритма находится

решение достаточно близкое к оптимальному, затем решение уточняется, используя ползущий метод случайного поиска. В качестве оптимизатора также перспективным представляется алгоритм дифференциальной эволюции [15].

Архитектура интеллектуального авторулевого включает (помимо регулятора на нечеткой логике, параметры которого определяются блоком оптимизации на базе эволюционного алгоритма по соответствующим нейросетевым моделям траекторий движения морских судов) нейросетевой классификатор [14], предназначенный для классификации траекторий движения морских судов для выявления особенностей поведения судна по курсу (неявно учитываются особенности влияния погодных факторов, изменения кладок пера руля и т.д.). Также в указанной работе были представлены результаты проведенного полунатурного (компьютерного на базе информации от имитатора сигналов для авторулевых) и натурного испытаний, на примере судна типа транспортный рефрижератор.

Целью настоящей работы является продолжение исследований, изложенных в работе [13], которая заключается в представлении методики синтеза нейросетевого классификатора, включенного в состав интеллектуального авторулевого.

Так, морское судно обладает определенными гидродинамическими характеристиками, которые отражают способность к управлению, устойчивости движения по курсу. Эти характеристики определяются, в первую очередь, относительной скоростью движения судна, эффективностью воздействия пера руля, отношениями длины, ширины и осадки корпуса, а также погодными факторами, связанными с силой ветра, высотой, периодом и направлением волнения. Более того, в зависимости от загрузки судна, режима работы главной энергоустановки и погодных факторов динамика движения судна по курсу будет разной, а, следовательно, разными должны быть и настройки интеллектуального авторулевого, чтобы обеспечить наилучшее движение судна по курсу.

Наилучшая настройка интеллектуального авторулевого в режиме реального времени представляется затруднительной, т.к. основывается на пробных экспериментах с реально движущимся судном и приводит к дополнительным тратам времени, топлива, и может служить причиной аварийных ситуаций. Разработка и внедрение интеллектуального классификатора в структуру разрабатываемого интеллектуального авторулевого позволит учитывать особенности поведения судна на курсе наилучшим образом настраивать регулятор на нечеткой логике авторулевого. Научная

новизна интеллектуального классификатора заключается в использовании спектрального анализа траектории движения судна по курсу при соответствующей кривой команд изменения положения пера руля. Для проведения спектрального анализа предложено использовать дискретное преобразование Фурье (ДПФ).

При разработке нейросетевого классификатора интеллектуального авторулевого использовался ряд методов получения результатов: для формирования критериальных признаков, по которым интеллектуальный классификатор принимает решение об оптимальных нейросетевых моделях траекторий движения судов, использовались методы спектрального анализа, в частности, метод ДПФ, для получения нейросетевых моделей траекторий движения морских судов проводилось компьютерное моделирование на имитаторе сигналов для авторулевых ИС-2005 (Производитель: Engineering Center of Information and Control Systems, St. Petersburg, Russia) и алгоритмы машинного обучения для формирования соответствующих параметров нейросетевых моделей, для классификации указанных траекторий также использовались алгоритмы машинного обучения на примере нейронных сетей с радиально-базисными функциями активации, наконец, для проверки работоспособности описанного нейросетевого классификатора проведено имитационное моделирование при различных скоростях движения морских судов и различных погодных условиях.

Получение критериальных признаков для классификатора интеллектуального авторулевого

Методика проведения спектрального анализа для траекторий движения морских судов заключается в следующей совокупности шагов. На первом шаге проведено компьютерное моделирование на имитаторе сигналов для авторулевых ИС-2005. Для моделирования использовались следующие модели морских судов: пассажирское судно прибрежного плавания (ПСПП) длиной 35,5 м, траулер длиной 85 м, транспортный рефрижератор длиной 107,8 м, автомобильно-пассажирское судно длиной 158 м, танкер длиной 179,9 м и супертанкер длиной 325 м. На втором шаге кривые переходных процессов движения судов, полученные с помощью имитатора сигналов, поступают в специально разработанный модуль, в котором реализуется разложение этих данных в спектр с помощью ДПФ [16], при этом решается задача по выбору числа гармоник, которые, с одной стороны, обеспечат качественное восстановление первоначальной траектории движения судна, а с другой стороны, позволят сформировать обучающую выборку достаточного размера для нейросетевого классификатора. Например, в случае

использования 16 гармоник нейронная сеть, используемая в качестве классификатора, содержит 65 входов, что значительно сказывается на скорости процесса классификации по сравнению с 33 входами для 8 гармоник. На третьем шаге для проверки достоверности проведённого спектрального анализа восстанавливается траектория движения судна с помощью обратного преобразования Фурье и сравнивается с исходной траекторией движения судна, полученной с помощью имитатора сигналов для авторулевых ИС-2005. После проверки данные поступают на разработанный авторами генератор сигналов, этот модуль генерирует сигнал по восьми максимальным гармоникам (определяются коэффициенты амплитуды и частоты для восьми максимальных гармоник) и определяет соответствующую интегральную составляющую.

Анализ проведённых исследований показал, что для каждого из типов судов присущи свои уникальные спектральные характеристики, характеризующие движение судна по курсу в определенных погодных условиях, что может служить идентификационными метками в нейросетевом классификаторе. Получено, что для малотоннажных судов (ПСПП, траулер) спектр частот является более разнообразным и насыщенным, чем для крупнотоннажных, у которых основными являются первые две гармоники, у малотоннажных судов основными являются не первые частоты.

После проведения спектрального анализа и получения восьми максимальных гармоник для каждой модели морского судна рассчитывается интегральный критерий I . В работе приведено исследование возможности использования меньшего числа гармоник для идентификации нейросетевой модели траекторий движения судов, содержащихся в базе знаний нейросетевого классификатора. Здесь, основной сигнал Y_1 состоит из суммы восьми составляющих, а сравниваемый сигнал Y_2 состоит из суммы исследуемого количества составляющих:

$$Y_1 = \sum_{i=1}^8 A_i \sin(\omega_i dt); Y_2 = \sum_{i=1}^N A_i \sin(\omega_i dt);$$

$$I = \frac{1}{T} \int_0^T |Y_1 - Y_2| dt,$$

$$\text{где } dt = \frac{2\pi}{\omega N}; \omega —$$

наименьшая частота из заданных гармоник; N — количество введенных гармоник.

После проведения компьютерного моделирования на имитаторе сигналов для авторулевых ИС-2005 с моделями шести морских типов судов при четырёх раз-

личных погодных условиях (скорость ветра 1–2 м/сек, высота волны 3% обеспеченности 0,25 м; скорость ветра 2–5 м/сек, высота волны 0,85 м; скорость ветра 5–8 м/сек, высота волны 1,25 м; скорость ветра 8–10 м/сек, высота волны 1,25 м) и проведения ДПФ были получены векторы меток, характеризующие коэффициенты амплитуд восьми основных гармоник при изменении значений курса судна, угловой скорости рыскания, угла кладки руля и средней линейной скорости (всего 65 элементов для каждого вектора) [16]. Анализ полученных данных показал ярко выраженную зависимость интегральной составляющей ошибки I от количества гармоник при моделировании движения судна. Если для крупнотоннажных судов можно ограничиться двумя-тремя гармониками, то для судов малого водоизмещения необходимы восемь гармоник. Также из анализа полученных результатов был сделан вывод об изменении спектральной характеристики моделей судов при смене погодных условий, что особенно характерно для малотоннажных судов типа ПСПП и траулер.

Проведенные исследования для всех рассматриваемых моделей морских судов показали, что погрешность моделирования различных типов судов по-разному зависит от количества участвующих гармоник. Если у малотоннажных судов наблюдается зависимость близкая к линейной, то у более инерционных крупнотоннажных судов — нелинейная, поэтому возможно использование меньшего количества гармоник.

Классификация траекторий движения морских судов нейросетевым классификатором

Для классификации траекторий движения морских судов со спектральными характеристиками в качестве критериальных признаков предпочтительным является использование нейронных сетей с радиально-базисными функциями активации (РБФ) [16]. Гибридный алгоритм обучения нейронных сетей РБФ сначала оценивает позицию и ширину ядра с использованием алгоритма кластеризации «без учителя», а затем используется алгоритм минимизации среднеквадратической ошибки «с учителем», который определяет веса связей между скрытым и выходным линейным слоями. После получения этого начального приближения используется градиентный спуск для уточнения параметров нейронной сети (НС). Этот смешанный алгоритм обучения НС РБФ сходится гораздо быстрее, чем алгоритм обратного распространения, применяемый для обучения многослойных НС прямого распространения, однако НС РБФ содержит слишком большое число скрытых элементов, что влечет более медленное функционирование НС РБФ, чем многослойная НС прямого распространения.

Расположение центров должно соответствовать кластерам, реально присутствующим в исходных данных. Проведенный ранее спектральный анализ позволил сформировать обучающую выборку для обучения нейронной сети с РБФ, состоящую из 96 примеров. Данные считывались из файлов, масштабировались и заносились в массив.

Кластеризация выполнялась по методу « k -средних» каждого из классов на шесть кластеров с использование функции « k -means», т.е. в каждом кластере оказалось по 24 объекта. Используемый алгоритм k -средних стремится выбрать оптимальное множество точек, являющихся центроидами кластеров в обучающих данных. При k радиальных элементах их центры располагаются таким образом, чтобы каждая обучающая точка «относилась» к одному центру кластера и лежала к нему ближе, чем к любому другому центру, а также каждый центр кластера был центроидом множества обучающих точек, относящихся к этому кластеру.

Векторы центроидов кластеров заносились в специальный массив. Следующим шагом было определение отклонений гауссовой функции для каждого центроида кластеров, для чего применяли наиболее точный и эффективный метод « k -ближайших соседей». Радиус колокола каждого ядра рассчитывался как средняя дистанция до $k = 3$ (компьютерное моделирование показало, что ошибка НС наименьшая при $k = 3$) ближайших соседних центроидов и записывался в массив. Результатом подобного обучения являются весовые коэффициенты — векторы центроидов и пороговые уровни слоя — отклонения из массива. В результате получены отклики функций Гаусса для каждого из шести типов морских судов.

Полученные на рисунке 3 кластеры представляют собой идентификационные метки P_j , соответствующие конкретному типу судна при соответствующих погодных условиях, использующиеся для классификации.

После получения критериальных признаков осуществляется обучение нейросетевого классификатора, в результате которого настраиваются параметры классификатора, в этом случае производится сравнение идентификационных меток P_j с условными частями A_{cond} всех классификаторов C_r . При совпадении условных частей соответствующие классификаторы объявляются активными и участвуют в дальнейших вычислениях: каждый активный классификатор выполняет последовательность процедур «алгоритма пожарной бригады», в результате которого над классификатором, имеющим максимальную силу S_r , выполняются опробование в работе. Изначально каждому классификатору присваивается значение силы S_r , равное единице, в дальнейшем, при

сравнении условных частей A_{cond} всех классификаторов C_r с вектором идентификационных меток P_j происходит изменение величины силы. При этом, когда все активные классификаторы имеют одинаковую силу и/или «алгоритм пожарной бригады» осуществил 1000 итераций, над условными частями A_{cond} классификаторов C_r выполняют последовательность процедур генетического алгоритма. При этом, в частном случае, когда ни один из классификаторов не объявляется активным, производят процедуру, согласно которой в векторе идентификационных меток P_j некоторые символы заменяются на символ «#», образуя вектор $P_j^\#$, после этого в классификаторе с минимальной силой S_r условная часть A_{cond} заменяется на вектор $P_j^\#$. В соответствии с действием выигравшей условной части правила A_{cond} этого классификатора выбирают ту нейросетевую модель траектории движения судна нейронную сеть, которая соответствует этому классификатору [14].

Итогом проведённых экспериментов и обучения нейросетевого классификатора стала база знаний на 24 нейросетевые модели траекторий движения шести различных морских судов при различных условиях плавания [14].

Заключение

В работе приведены примеры успешного использования алгоритмов машинного обучения и эволюционных алгоритмов для решения задач, тесно связанных с судовождением: разработка авторулевых как содержащих интеллектуальные авторулевые, так и авторулевых,

содержащих классические (включающие пропорционально-дифференциальный или ПИД регуляторы) авторулевые, настройка параметров который осуществляется с использованием алгоритмов машинного обучения. Авторами предложена модель интеллектуального авторулевого, содержащего нейросетевой классификатор, осуществляющий адаптацию нечёткого регулятора. В работе приведена методика получения критериальных признаков, необходимых для классификатора предложенного интеллектуального авторулевого. С использованием сертифицированного имитатора сигнала для авторулевых получены 24 траектории движения судов (для разных типов судов при различных условиях плавания), при этом для каждой траектории получена соответствующая нейросетевая модель, причём общее число синтезированных нейросетевых моделей движения судов при различных погодных условиях, скорости и водоизмещении судна равняется 2528. Из различных архитектур нейронных сетей выбраны наилучшие, которые на всём множестве нейросетевых моделей траекторий движения судов показали наилучшие результаты (минимальные значения среднеквадратичного отклонения достигались порядка 10^{-7} , подробное изложение полученных результатов представлено в [13]). Проведён спектральный анализ, результаты которого свидетельствуют о том, что для крупнотоннажных судов можно ограничиться двумя-тремя гармониками, а для судов малого водоизмещения, таких как ПСПП и траулер, необходимы восемь гармоник. Также из анализа данных можно сделать вывод об изменении спектральной характеристики моделей судов при смене погодных условий, что особенно характерно для малотоннажных судов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глушков, С.В. Управление курсом судна с использованием интеллектуальной системы / С.В. Глушков, Н.А. Седова // Вестник Морского государственного университета. — 2010. — № 37. — С. 2–8.
2. V. Deryabin, A. Sazonov. (2019). A Vessel's Dead Reckoning Position Estimation by Using of Neural Networks. Proceedings of the Third International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry" (IITI'18), pp.493–502 Volume 1. DOI: 10.1007/978-3-030-01818-4_49.
3. Седова Н.А. Тенденции развития интеллектуальных авторулевых для морского транспорта // Гибридные и синергетические интеллектуальные системы: теория и практика. — Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2012 — Ч. 1 / авт. предисл. А.В. Колесников. — 2012. — 181–188 с.
4. KM. Junaid, KM Usman, K. AttaUllah and JA. Raza, "A neural network based adaptive autopilot for marine applications" Proceedings of IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems, Bangkok, THAILAND, JUN2006, pp. 8.
5. GN. Roberts, R. Sutton, A. Zirilli and A. Tiano. (2003). Intelligent ship autopilots — A historical perspective. MECHATRONICS, Vol. 13, pp. 1091–1103, doi: 10.1016/S0957-4158(03)00044-8.
6. CH. Chen, "Intelligent transportation control system design using wavelet neural network and PID-type learning algorithms," Expert Systems with Applications, JUN2011, Vol. 38, pp. 6926–6939, DOI: 10.1016/j.eswa.2010.12.031.
7. Aguilar-Ibanez, C., & Suarez-Castanon, M.S. (2019). A Trajectory Planning Based Controller to Regulate an Uncertain 3D Overhead Crane System, International Journal of Applied Mathematics and Computer Science, 29(4), 693–702. doi: https://doi.org/10.2478/amcs-2019-0051
8. García-Sánchez, J.R., Tavera-Mosqueda, S., Silva-Ortigoza, R., Hernández-Guzmán, V.M., Sandoval-Gutiérrez, J., Marcelino-Aranda, M., Taud, H., & Marciano-Melchor, M. (2018). Robust Switched Tracking Control for Wheeled Mobile Robots Considering the Actuators and Drivers. Sensors (Basel, Switzerland), 18(12), 4316. https://doi.org/10.3390/s18124316
9. XJ. Chen and XK. Zhang, "Nonlinear Feedback Control Based on ANFIS," Proceedings of 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), Zhangjiajie, PEOPLES R CHINA, AUG 2015, pp. 559–563.

10. GC. Zhang and G. Ren, "Research of ship track self-tuning adaptive control based on predicting model" Proceedings of International Conference on Complex Systems and Applications, Jinan, PEOPLES R CHINA, JUN2007, pp. 982–986.
11. Reeves C. (2003) Genetic Algorithms. In: Glover F., Kochenberger G.A. (eds) Handbook of Metaheuristics. International Series in Operations Research & Management Science, vol 57. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/0-306-48056-5_3
12. FJ. Velasco, TM. Rueda, E. Lopez and E. Moyano, "Marine course-changing manoeuvre: A comparative study of control algorithms" IEEE International Conference on Control Applications, GLASGOW, SCOTLAND, Sep. 2002, pp. 1064–1069.
13. N. Sedova, V. Sedov, R. Bazhenov, I. Ledovskikh A Marine Autopilot With a Fuzzy Controller Computed by a Neural Network. 7th Scientific Conference on Information Technologies for Intelligent Decision Making Support (ITIDS2019), Vol. 166, 2019, p. 171–176. — Atlantis Press, 2019. <https://dx.doi.org/10.2991/itids-19.2019.31>.
14. Седова, Н.А. Компьютерное моделирование интеллектуального авторулевого для различных типов судов / Н.А. Седова // Вестник Морского государственного университета. — 2016. — № 75. — С. 104–107.
15. Suganthan P.N. (2012) Differential Evolution Algorithm: Recent Advances. In: Dediu A.H., Martín-Vide C., Truthe B. (eds) Theory and Practice of Natural Computing. TPNC2012. Lecture Notes in Computer Science, vol 7505. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-33860-1_4.
16. Патент № 2519315 С2 Российская Федерация, МПК В63Н 25/00. Способ автоматического управления судном по курсу и интеллектуальная система для осуществления способа: № 2012132893/11: заявл. 01.08.2012: опубл. 10.06.2014 / Н.А. Седова.

© Седова Нелли Алексеевна (nellyfish81@mail.ru), Баженов Руслан Иванович (r-i-bazhenov@yandex.ru), Дорофеев Андрей Сергеевич (dorbaik2007@mail.ru), Глушков Сергей Витальевич (glushkov@msun.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Владивосток

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КРИТИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

ANALYSIS OF PROBLEMS OF COMPLEX SECURITY OF CRITICAL INFORMATION SYSTEMS

V. Simankov
A. Drilenko

Summary. Modern critical information systems are vulnerable to numerous internal and external influences, the article deals with the problem of such influences, the emphasis is placed on the study of the use of intelligent situational center in the analysis of security of critical information systems.

Keywords: intelligent situation center, critical information systems, analysis of security problems, security damage, structure of intelligent situation center.

Симанков Владимир Сергеевич

*Д.т.н., профессор, Кубанский государственный технологический университет
vs@simankov.ru*

Дриленко Александра Александровна

*Аспирант, Кубанский государственный технологический университет
a.drilenko@russia.ms*

Аннотация. Современные критические информационные системы являются уязвимыми для многочисленных внутренних и внешних воздействий, в статье рассматривается проблема таких воздействий, сделан акцент на изучение вопросов использования интеллектуального ситуационного центра при анализе безопасности критических информационных систем.

Ключевые слова: интеллектуальный ситуационный центр, критические информационные системы, анализ проблем безопасности, ущерб безопасности, структура интеллектуального ситуационного центра.

Критические информационные системы являются классом информационных систем, обеспечивающих функционирование критических систем управления. Критичность исследуемого класса информационных систем заключается в необходимости обеспечения стабильности их функционирования, которая является одним из основных показателей эффективности, поскольку полный или частичный отказ системы может привести к значительному экономическому, политическому, военному, экологическому, моральному или другому ущербу [1].

В соответствии с п. 8 статьи 2 Федерального закона № 187 к субъектам критической информационной инфраструктуры Российской Федерации относятся [3]:

Государственные органы, государственные учреждения, российские юридические лица, индивидуальные предприниматели, которым на праве собственности, аренды или на ином законном основании принадлежат информационные системы, информационно-телекоммуникационные сети, автоматизированные системы управления, функционирующие в 12 сферах деятельности.

Российские юридические лица и (или) индивидуальные предприниматели, которые обеспечивают взаимодействие указанных систем или сетей.

В стандартной терминологии нежелательное поведение информационных систем (включая компьютерные системы) называется отказом [2], который определяется как прекращение нормальной работы, а в международных стандартах — как прекращение способности выполнять требуемую функцию. Поэтому следует подчеркнуть, что изучение отказов начинается с определения уровня перехода от нормального функционирования системы к чрезвычайному.

Наука, которая в целом имеет дело с отказами (и, естественно, со средствами и методами, которые должны быть реализованы для их контроля), называется эксплуатационной безопасностью. Она включает в себя четыре дисциплины [6]: надежность (измеряется вероятностью безотказной работы системы в течение заданного периода времени), доступность (измеряется мгновенной вероятностью того, что система не выйдет из строя), ремонтпригодность (измеряется вероятностью возможности ремонта отказавшей системы в течение заданного периода времени) и безопасность.

Безопасность может быть определена неформализованным образом как способность системы не вызывать так называемых катастрофических событий (с точки зрения ущерба людям или имуществу) [4]. Она включает в себя два различных понятия, которые фор-

мируют понятие устойчивости (в отношении возможных катастрофических последствий):

- ◆ события внутри или вне системы, которые не являются действиями человека со злым умыслом;
- ◆ события внутри или вне системы, которые являются следствием действий человека с намерением причинить вред.

Термин «препятствия для эксплуатационной безопасности» используется для разграничения трех уровней: неисправности, ошибки и сбой.

Таким образом, в основе отказа может лежать ошибка (ошибочное состояние системы), которая сама является следствием неисправности. Поэтому теория надежности информационных систем развивается вокруг этих причинно-следственных цепочек: неисправности => ошибки => отказы (иногда сильно разветвленных из-за явления, известного как распространение ошибок). Важность различия между неисправностями и ошибками связана с тем, что неисправность может оставаться скрытой или «спящей» и не приводит к ошибке.

Типология причин отказов информационных систем может быть получена достаточно четко на основе классификации неисправностей, являющихся основной причиной отказа, по пяти критериям:

- ◆ причина: физическая или человеческая;
- ◆ характер: случайный, умышленный с намерением причинить вред, умышленный без намерения причинить вред;
- ◆ фаза создания неисправности: в разработке, в эксплуатации;
- ◆ ситуация по отношению к системе: внутренняя или внешняя;
- ◆ временная устойчивость: постоянная или временная.

Из рассмотренных существующих неисправностей [5], к которым относится текущая классификация, выделим основные и разделим их на три категории:

1. Случайные физические неисправности.
 - ◆ внутренние при разработке (производственные дефекты);
 - ◆ внутренние в процессе эксплуатации (отказы компонентов аппаратной поддержки);
 - ◆ внешние факторы в процессе эксплуатации (нарушения в окружающей среде, например, радиация).
2. Случайная или преднамеренная ошибка человека без намерения причинить вред.
 - ◆ разработка стажеров (например, «жучки»);
 - ◆ внешние факторы в работе (ошибки оператора, часто называемые «человеческими ошибками»).
3. Противоправные действия человека с намерением причинить вред.

- ◆ внутренние при разработке (внутренние неисправности, намеренно внесенные разработчиком, как правило для того, чтобы создать слабое место, используемое позже в процессе эксплуатации, например, черный ход или логическая бомба);
- ◆ внутренние по действию (вирусы и черви, которые должны находиться внутри, хотя происхождение заражения обязательно внешнее);
- ◆ внешние в эксплуатации (вторжения всех других типов, использующих открытость системы для внешнего доступа).

Таким образом, комплексная безопасность — это способность системы избежать катастрофических событий после неисправностей первых двух категорий (включая случайные человеческие ошибки, разработка “безопасной” системы подразумевает методы контроля “ошибок” и анализ рисков человеческой ошибки при эксплуатации). Безопасность конфиденциальности — это способность избежать катастрофических событий в результате третьей категории неисправностей.

Неисправности, не связанные со злым умыслом человека

В этом разделе рассматривается классификация ошибок, приведенная выше, и описываются основные методы, используемые для того, чтобы неисправности, не связанные со злым умыслом человека, не приводили к катастрофическим отказам. Далее следует обзор основных методов обеспечения безопасности, которые также охватывают или могут быть расширены для охвата попыток злоумышленника.

Внутренние случайные физические неисправности при разработке

Внутренние случайные физические дефекты при разработке (производственные дефекты) в основном обеспечиваются контролем качества производства. Следует отметить, однако, что такая неисправность, преодолевшая этот барьер, может оставаться в спящем состоянии до тех пор, пока она не активируется в процессе эксплуатации (когда она вызывает ошибку).

Внутренние или внешние случайные физические неисправности в работе

Защита от внутренних или внешних случайных физических неисправностей в процессе эксплуатации является одной из основных тем безопасности, т.е. средств, которые должны быть реализованы для предотвращения любого поведения, которое может вызвать повреждение значительной тяжести в системе, которая

правильно спроектирована и изготовлена, но которая страдает в процессе эксплуатации от внутренних отказов ее электронных компонентов или от нарушений функционирования ее компонентов со стороны окружающей среды. Все методы обработки этих недостатков основаны на понятии избыточности.

Внутренняя случайная человеческая ошибка при разработке.

Внутренние случайные человеческие ошибки при разработке или баги определяются методологиями разработки, адаптированными к уровню критичности предполагаемого приложения. Именно для обработки такого рода неисправностей планируются мероприятия по верификации и валидации, которые могут быть самыми разнообразными (тесты, исчерпывающее моделирование, доказательства и т.д.). Для критических систем крайне важно, чтобы эта деятельность осуществлялась командой, полностью независимой от команды разработчиков (что не мешает последней проводить собственные тесты).

Внешняя случайная человеческая ошибка при эксплуатации.

Внешние случайные ошибки человека при эксплуатации являются привилегированной областью исследований интерфейса человек/технологическая система и затрагивает аспекты эргономики и когнитивной психологии. Эти аспекты, имеющие первостепенное значение для критических систем, где большинство инцидентов или крупных аварий связано с тем, что обычно называют “человеческой ошибкой”, не являются объектом данной статьи, в которой предлагается показать, что некоторые методы обеспечения устойчивости к случайным неисправностям фактически охватывают или могут быть расширены для охвата человеческого злого умысла.

Неисправности, связанные со злым умыслом человека (киберпреступность, терроризм)

Описав основные методы покрытия случайных неисправностей, независимо от их происхождения (физического или человеческого), теперь опишем, как эти методы или их расширение могут покрыть определенные человеческие воздействия, например, злого умысла, что является проблемой киберпреступности или кибертерроризма.

Внутреннее вредоносное ПО в разработке

Проблема внутренних вредоносных программ в процессе разработки является чрезвычайно важной

и, вероятно, недооцененной на сегодняшний день. Фрагмент вредоносного кода, внедренный в критически важное приложение одним из его злонамеренных разработчиков, независимо от его мотивации, представляет собой значительную уязвимость для критически важных систем, охват которых вряд ли очевиден. Более того, после тайного внедрения злоумышленниками, проникающими в команды разработчиков, “Логические бомбы”, как их называют, могут лежать в спящем состоянии, ожидая секретного сигнала, который может быть послан позже (для любой системы, которая каким-то образом общается с внешним миром, для которой логическая бомба — это секретный черный ход).

Из всех описанных методов обеспечения отказоустойчивости очень немногие способны охватить этот тип внутреннего кибервредоносного ПО в командах разработчиков [6]. Резервирование разработки частично позволяет это сделать (при условии, что команды достаточно независимы и набираются таким образом, чтобы можно было с достаточной уверенностью исключить злонамеренное проникновение скоординированных элементов).

На практике наиболее эффективное покрытие связано с мероприятиями по верификации и валидации, которые, при условии исчерпывающего покрытия всех ветвей кода (критерий, часто используемый для так называемых тестов “белого ящика”), пройдут через фрагменты кода логической бомбы и обнаружат вредоносные функциональные возможности. Это ясно показывает абсолютную необходимость того, чтобы мероприятия по проверке и валидации проводились командой, независимой от команды разработчиков, независимой в плане набора персонала, чтобы исключить любые скоординированные действия одной команды, внедряющей логическую бомбу, и другой (соучастие через умышленное необнаружение), а также независимой в процессе составления спецификаций тестов.

Внутренняя недобросовестность в работе

Внутренние злонамеренные человеческие ошибки в работе (вирусы, черви, троянские кони и т.д.) в настоящее время не сильно влияют на критически важные системы, поскольку они менее открыты для внешнего мира, чем персональные компьютеры (практически все из которых в настоящее время подключены к Интернету), и поскольку операции по обслуживанию (такие как обновление программного обеспечения, установка и т.д.) регулируются строгими процедурами, выполняемыми квалифицированным персоналом. Распростра-

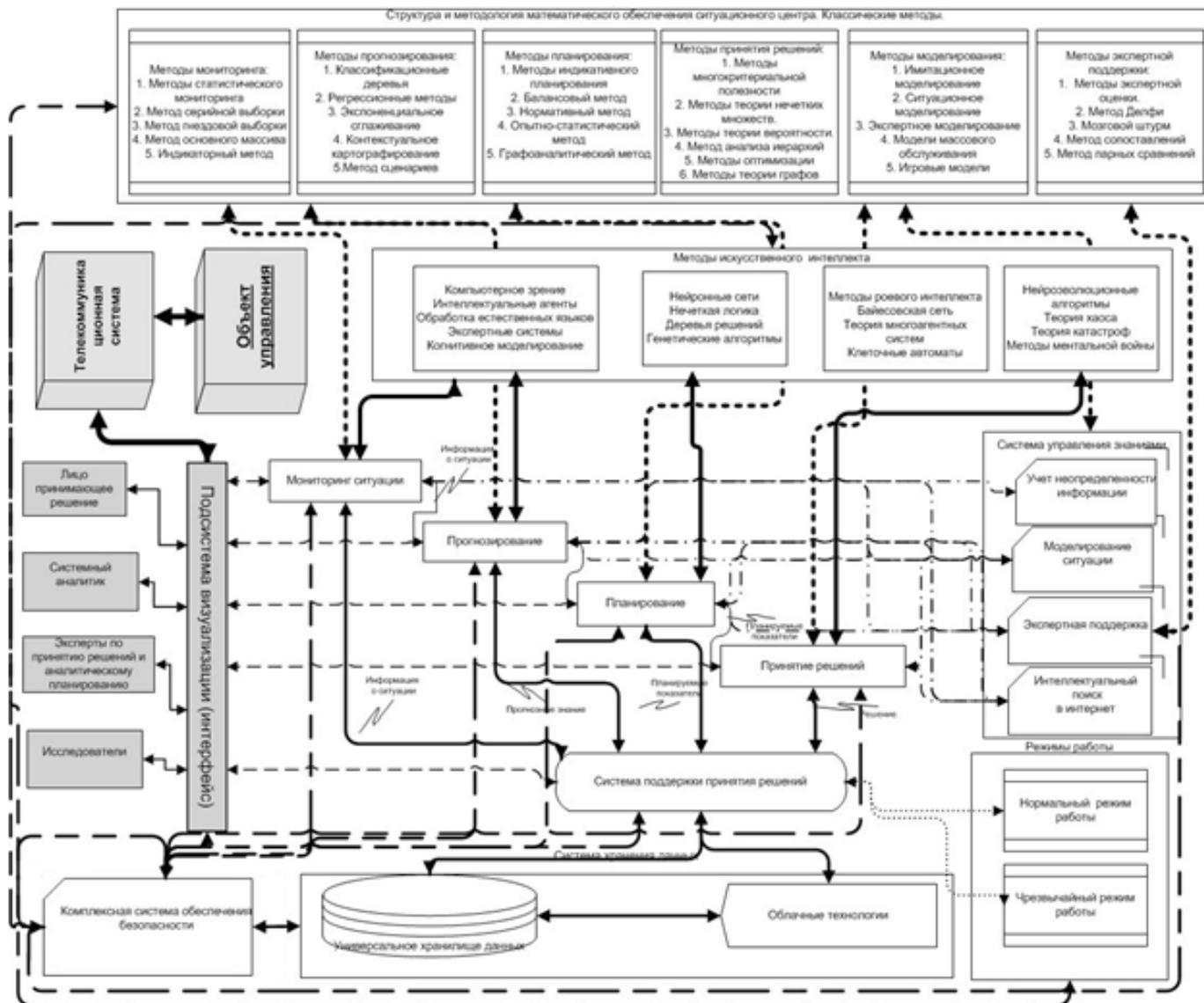


Рис. 1. Структура СЦ КИИ

нение вируса или червя в сетях персональных машин чаще всего является результатом приложений сомнительного происхождения (скачанных или полученных по электронной почте), которые пользователь выполняет или даже устанавливает. Такая уязвимость, которая приводит к процветанию антивирусной индустрии на персональных машинах, к счастью, не существует для критически важных систем, которые должны запускать только те приложения, для которых они были разработаны, и обслуживание которых тщательно организовано. Последний пункт представляется крайне важным в этом свете, поскольку киберпреступность, проникающая через обслуживающий персонал, является, после развивающейся киберпреступности, упомянутой выше, второй точкой входа для злоумышленных действий в отношении критически важных систем.

Внешние неисправности в процессе эксплуатации

Внешние злонамеренные действия при эксплуатации (вторжения всех типов, использующие коммуникации системы с внешним миром) составляют ядро проблемы киберпреступности и терроризма.

Критические системы, которые менее открыты для внешнего мира, в настоящее время в меньшей степени подвержены влиянию этих явлений, но ситуация быстро меняется.

Оценка комплексной безопасности критических информационных систем может эффективно осуществляться на базе интеллектуального ситуационного центра (Рисунок 1).

Это позволяет осуществлять использование такого центра для мониторинга, прогнозирования, планирования и принятия решений при управлении критическими информационными системами.

Заключение

Критические информационные системы (которые могут представлять опасность для людей или окружающей среды в случае несанкционированного использования ресурсов такой системы или выведения части системы из строя) должны быть спроектированы таким образом, чтобы предотвратить возникновение таких опасностей в результате событий, которые, за неимением лучшего термина, можно назвать “случайными”, учитывая, что это понятие охватывает внутренние или внешние физические явления (которые в просторечии называются “сбои” и “нарушения” соответственно), а также человеческий фактор без намерения нанести вред при проектировании или эксплуатации.

Все критические разработки систем включают в себя средства для максимального нивелирования того, что в более строгом смысле называется “техническая ошибка с намерением причинить вред” используется для описания процесса сокрытия риска. Большинство используют техники, позволяющие достичь уровня “безопасности”. Но в настоящее время критически важная система должна также интегрировать проблему

устойчивости к возможным негативным факторам с намерением причинить вред.

Рассмотрены различные виды возможного воздействия и степень их охвата используемыми методиками, разработанными для обеспечения безопасности. Это показало степень сходства между двумя проблемами (освещение злонамеренных действий часто приводит к внедрению методов, разработанных для обеспечения безопасности, с большей строгостью или с некоторыми корректировками). Поэтому одновременное рассмотрение двух вопросов — безопасности и конфиденциальности — в общей концепции глобальной безопасности, безусловно, является будущим для критических систем.

Для мониторинга, прогнозирования, планирования и принятия решений при управлении критическими информационными системами может быть эффективным использование интеллектуального ситуационного центра.

[Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и администрации Краснодарского края в рамках научного проекта № 20–47–235003 «Разработка теоретических основ и алгоритмов функционирования адаптивных иерархических систем управления с использованием методов искусственного интеллекта на основе ситуационных центров»]

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 26.07.2017 № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» // Российская газета от 31.07.2017 — № 167 — с. 17.
2. Симанков В.С., Сундеев П.В. Системный анализ функциональной стабильности критических информационных систем: Монография (научное издание) Кубан. гос. технол. ун-т; ин-т совр. технол. и экон. — Краснодар, 2004. — 204 с.
3. Симанков В.С., Власенко А.В., Черкасов А.Н. Методологическое обеспечение подсистемы обеспечения комплексной безопасности в составе интеллектуального ситуационного центра // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. — 2021 -№ 07. -С. 107–114.
4. Dubravka, C. (2017). Doing critical information systems research — arguments for a critical research methodology. *European Journal of Information Systems*, 1–7. Ссылка: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1057/ejis.2010.67>
5. ResearchGate [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/286493845_Information_Systems_Critical_Perspectives. — Дата доступа: 21.11.2021.
6. SSRN: Critical Theory in Information Systems: Where Is the South? [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3756357. — Дата доступа: 27.11.2021.

БОЛЕВЫЕ ТОЧКИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

PAIN POINTS ARTIFICIAL INTELLIGENCE

E. Trofimov

Summary. The article deals with the problems of creating a strong artificial intelligence. Attention is focused on modeling the associative thinking of a person. It is argued that the use of only training technologies for artificial neural networks does not solve all the problems of full-fledged artificial intelligence. The results of testing the voice assistant Yandex Alice for the ability to build associations in the "let's chat" mode are given. Within the framework of the "Code of Ethics of Artificial Intelligence" signed in Russia (October 2021), the problem of educating a strong artificial intelligence is considered.

Keywords: strong artificial intelligence, voice assistant, associative thinking, theory of functional systems, generative systems, education of artificial intelligence.

Трофимов Евгений Александрович

К.т.н., в.н.с., НИИ ИАТ
eatrofimov@rambler.ru

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы создания сильного искусственного интеллекта. Акцентируется внимание на моделировании ассоциативного мышления человека. Утверждается, что использование только технологий обучения искусственных нейронных сетей не решает всех проблем сильного искусственного интеллекта. Приводятся результаты тестирования голосового помощника Яндекс Алисы на способность к построению ассоциаций в режиме «давай поболтаем». В рамках подписанного в России «Кодекса этики искусственного интеллекта» (октябрь 2021) рассматривается проблема воспитания сильного искусственного интеллекта.

Ключевые слова: сильный искусственный интеллект, голосовой помощник, ассоциативное мышление, теория функциональных систем, генеративные системы, воспитание искусственного интеллекта.

Несмотря на достижения индустрии машинного обучения и искусственного интеллекта (ИИ), обозначилась и некоторый скепсис в отношении перспектив их развития. Речь идет о полноценном ИИ. На первой международной конференции «Теоретическая физика и математика мозга: междисциплинарные контакты» (г. Москва), был задан вопрос: «Если мы пока не можем повторить человеческий разум в машине, мы хотя бы понимаем — почему? ... Ответ на него, пожалуй, самый важный в науках об искусственном интеллекте» [7].

Да, технологии обучения искусственных нейронных сетей достигли высочайшего уровня. Спектр прикладных задач постоянно расширяется. Практически решена задача компьютерного зрения, на дорогах появляются беспилотные автомобили, ИИ обыгрывает чемпионов мира и в шахматы, в игру Го и многое другое. Важно, что и техническая сторона вопроса для развития RL технологий (обучения с подкреплением) во многом решена — большие вычислительные ресурсы на сегодняшний день уже не проблема.

Однако, если стратегия развития интеллектуальных систем будет ориентирована только на совершенствование технологий обучения, то сильный ИИ так и останется за горизонтом событий. Наряду со способностью к обучению не следует забывать и о других когнитивных способностях, составляющих основу интеллекта человека, часть из которых реализуются не через механизмы обучения. Болевых точек у ИИ еще достаточно. Вот, например,

какую характеристику ИИ дает Игорь Ашманов в своем интервью газете «БИЗНЕС Online»: «Обменяйтесь с ботом хотя бы несколькими связанными репликами — и вы поймете, насколько он всё ещё тупой» [2]. И это не частное мнение. Похоже, что существует некая системная проблема, которая тормозит развитие сильного ИИ. С момента появления первого в мире виртуального собеседника, названного Элизой, прошло уже 55 лет — юбилейная дата! Несмотря на низкую функциональность, своим появлением Элиза обозначила целое направление в развитии ИИ. Можно было ожидать следующего шага, но что-то пошло не так. За прошедшие пол века принципиально ничего не изменилось. Хотелось бы знать (с чисто практической точки зрения) — мы когда ни будь сможем по-человечески вести беседу с чат-ботом (голосовым помощником) — обмениваться мнениями, выслушивать его советы? Действительно, до сих пор ни один из них уверенно не прошел тест Тьюринга — самое простое испытание на «аттестат зрелости».

АССОЦИАТИВНОСТЬ МЫШЛЕНИЯ

Ассоциациями в психологии называют устойчивые связи, возникающие между понятиями, образами (информационными единицами), которыми оперирует психика человека в процессе осуществления мыслительной деятельности. Роль ассоциаций огромна — и в творчестве, и в принятии решений, без них не обходится память, наше восприятие мира было бы существенно ограничено и многое другое. У ассоциаций имеется одна важная

особенность — они являются исключительно личностным ресурсом мышления. У разных людей, в зависимости от их индивидуальных особенностей и предрасположенностей, одни и те же события чаще всего вызывают совершенно разные ассоциации. А это означает, что возникновение ассоциативных связей не зависит от чужого опыта, а только от личного. Ассоциативные связи статистически не определены. Этот факт следует учитывать при обучении искусственных нейронных сетей. Реально, такой концепции в науке об ИИ не существует.

В основе обучения искусственных нейронных сетей лежит единый принцип — «обучение на прецедентах», то есть, для приобретения навыка необходимо повторение ситуаций, анализируемых ИИ. В результате чего происходит настройка «весов» синаптических связей. Однако для установления ассоциаций психика человека использует совершенно иной механизм. Эти связи возникают одновременно и сила их (в зависимости от внешних стимулов, факторов новизны и впечатления) варьируется в таких пределах, что порой ассоциации сохраняются на всю жизнь. Становится ясным, что эти синаптические связи должны быть не только стабильными (их веса должны быть неизменными), но еще и не участвовать в процессах обучения. Для формирования ассоциаций технология, основанная на прецедентах, практически не работает.

Возникает вопрос, каким образом нейроны головного мозга придают синаптическим связям статус ассоциаций? Однозначный ответ на него мы вряд ли найдем. Но недавнее открытие в нейробиологии вселяет надежду. Сообщение было опубликовано в СМИ в мае 2021 года [6]. В лаборатории Гарвардского университета исследовался коннектом аксонов коры головного мозга. В ходе исследований было выявлено, что до 10% всех синаптических связей обладает отличительной особенностью — каждая из них содержит до двух десятков параллельно соединенных синапсов. До сих пор считалось, что синаптическая связь имеет исключительную адресацию — пара нейронов соединяется одним синапсом. Оказалось, что достаточно большое число связей имеет пакетную структуру.

Для чего же нужна такая сложная конструкция нейронной сети? В процессе обучения (приобретения навыка) вес синаптической связи между нейронами должен постоянно обновляться. В то время как связь, представляющая собой пакет синапсов, выпадает из этого процесса. Как бы не изменялся вес единичного синапса, контакт их пакета всегда будет оставаться неизменным. По нашему мнению, такая нейронная сеть нужна только в одном случае — для формирования ассоциаций. А их сила зависит от числа включенных в пакет синапсов. Эволюция нашла достаточно простое решение для механизма ассоциативного мышления.

Для искусственных нейронных сетей задача установления связей подобной конструкции имеет множество решений. Важно другое — каков алгоритм реализации вариативности мышления? Интеллект высокого уровня свободно владеет всеми способами мышления (и логическим и ассоциативным), при необходимости меняя их в зависимости от обстоятельств и характера решаемых задач [5].

Для того, чтобы наглядно продемонстрировать состояние дел по моделированию ассоциативного мышления, приведём результаты тестирования наиболее популярного голосового помощника Яндекс-Алиса. В работе принимали участие студенты второго курса магистратуры при Ассоциации ФинТех. В рамках данного эксперимента был реализован упрощенный вариант теста Тьюринга. Задача ставилась следующим образом: оценить, насколько чат-бот обучен вести себя как личность, может ли он имитировать отличительные способности интеллекта человека, наличествует ли у него мотивация поведения, имитирует ли он ассоциативное мышление и т.п.

Вот, для примера, фрагмент проведенного тестирования:

Вопрос — *Алиса, скажи мне, пожалуйста, что такое хорошо?*

Ответ — *Лучше вам не знать, поверьте.*

Вопрос — *А что такое плохо?*

Ответ — *Вот и я задаюсь этим вопросом.*

Вопрос — *С чем у тебя ассоциируется слово — отпуск?*

Ответ — *Боюсь, я еще не доросла, чтобы говорить об этом.*

Этот фрагмент беседы вскрывает всю сложность проблемы машинной имитации диалога на произвольную тему. На первый взгляд может показаться, что обучить голосового помощника вести подобную беседу, совсем простая задача, не требующая подключения большого объема информационных ресурсов. В действительности, продуктивная беседа строится не только на логике обмена мнениями и соответствии вопросов-ответов, а в первую очередь, на множественности различных точек зрения, когда в силу вариативности мышления работает и логика, и ассоциативное мышление. Существующие технологии обучения искусственных нейронных сетей, к сожалению, этого не обеспечивают.

Становится ясным, что заявленная для Алисы функция произвольной беседы (давай поболтаем) отсутствует. Все ответы — это набор стандартных фраз, составленных разработчиком. Такой классификатор годится для поддержания разговора «Ни о чем». Как только задаются проблемно ориентированные вопросы, то беседа разваливается. Ничего другого ожидать не приходится, поскольку чат-боты не в состоянии имитировать ассоциативное мышление.

Спросите Алису — на какую тему была беседа, если она не была обозначена до разговора? Самостоятельно она ее не сформулирует. Что бы правильно ответить необходимо, по ключевым словам, построить ассоциативную цепочку, а этого как раз и нет. Для моделирования ассоциативного механизма мышления требуется технология не обучения, а технология воспитания, устанавливающая требуемые правила поведения.

Функциональная схема сильного интеллекта

Еще одной болевой точкой для систем ИИ, претендующих на сильный интеллект, является их структурная организация. Обученная нейронная сеть — это всего лишь управляющее устройство, элемент системы, способной имитировать отдельные когнитивные функции. Известный советский физиолог Петр Кузьмич Анохин в своей «Теории функциональных систем» [1], а в последствии и американский математик Норберт Винер в своей замечательной книге «КИБЕРНЕТИКА, или управление и связь в животном и машине» наглядно показали, что общим системообразующим фактором любой системы (как живой, так и технической) является обратная связь, обеспечивающая ее устойчивость.

Работу обратной связи можно продемонстрировать на примере систем ИИ, использующих технологию генеративно-сопоставительных сетей GAN (Generative adversarial network). Возникла она в процессе попыток обучения машины искусству живописи. Технология GAN ориентирована на взаимодействие двух нейронных сетей — первая генерирует изображения, а вторая выполняет функции обратной связи, оценивая результаты работы первой сети на подлинность, сравнивая их с заданным изображением. Эффект обратной связи сразу обеспечил мощнейший рывок в моделировании сильного ИИ.

Первая картина, написанная машиной с помощью технологии GAN, была продана на аукционе Christie's за сумму более 400 тыс. долларов. Идею GAN называют самой выдающейся за последние 20 лет в области обучения нейросетей. И это не удивительно — в технологии была реально повторена структура живой системы.

Однако в GAN технологии отсутствует один элемент, который является обязательным для реальных систем — это формирование образа желаемого результата. В процессе принятия решения на выполнение каких-либо действий, параллельно с формированием плана действий у человека в сознании формируется и образ желаемого результата (акцептор результата действия). Сам же процесс достижения цели имеет обратную связь (обратную афферентацию). Ее задача — сравнение полученного результата с желаемым. По GAN технологии функцию акцеп-

тора выполняет заданное извне, а не сформированное самой системой, изображение. Дело в том, что система этого сделать и не сможет, поскольку у нее отсутствует модель ассоциативного мышления.

Но недавно была презентация еще одной генеративной модели — DALL·E, которая имитирует решение этой задачи. Американская команда разработчиков OpenAI научила нейронную сеть GPT-3 превращать текст в картинки, которые фактически ассоциируются с этим текстом. Системы на базе нейросети GPT-3 могут не только заниматься дизайном, они генерируют текст, пишут стихи, музыку и т.п. Однако, несмотря на высокую мощность GPT-3 (объем сети около 700 гигабайт, обучающая выборка — 1,5 триллиона слов), построить модель ассоциативного мышления не удалось. Нейросеть такт и не научили понимать контекст беседы и строить ассоциативные связи между предложениями. «Как отметил исследователь в области ИИ Джулиан Тогеллиус, зачастую GPT-3 ведёт себя как студент, который не подготовился к экзамену заранее и теперь несёт всякую чушь в надежде, что ему повезёт» [8].

А теперь давайте рассмотрим эту проблему на примере чат-бота (в режиме «давай поговорим») — что же ему не достаёт для «интеллектуального рывка» подобного GAN технологии. На рисунке представлена упрощенная функциональная схема такой беседы (рис. 1).

Анализируя эту схему, становится понятным, в чем проблема голосовых помощников, не оставляющая им шансов на прохождение теста Тьюринга. Функциональная схема разговора двух собеседников должна быть симметричной — у каждого из них должен формироваться план беседы и образ результата, на который замыкается обратная афферентация. Ничего подобного на представленной схеме мы не видим. Здесь фактически представлена функциональная схема не беседы, а допроса. Использование наработок генеративных систем ИИ может значительно выправить ситуацию. Но для формирования плана беседы и образа результата без модели ассоциативного мышления не обойтись.

Воспитание ИИ

И в заключении обозначим еще одну болевую точку, пожалуй, самую чувствительную для сильного ИИ — это проблема его воспитания.

Искусственному интеллекту предсказывают самое разнообразное будущее. Многие питают надежду, что человек получит помощника и его разум будет неизбежно усилен с появлением сильного ИИ; высказывают мнение, что ИИ станет частью нашей цивилизации и унаследует человеческие ценности. Но существуют и негативные

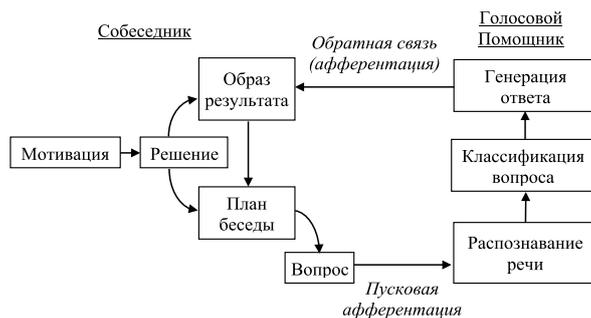


Рис. 1

оценки — Стивен Хокинг, например, утверждал, что «недооценка угрозы со стороны искусственного интеллекта может стать самой большой ошибкой в истории человечества». В действительности исход будет зависеть только от нас. Два года назад довелось посетить павильон «Космос» на ВДНХ. В одном из дальних залов был выставлен человекоподобный робот. Экскурсовод объяснил, что робот выключен, поскольку посетители научили его ругаться и нецензурно выражаться. Впоследствии его совсем убрали из экспозиции. Невольно вспоминается, что воспитание — процесс рекурсивный. В интеллекте воспитанника всегда можно увидеть след интеллекта воспитателя.

Если мы хотим увидеть в ИИ не только обученную выполнять локальные задачи нейронную сеть, но и разумную систему, то одного обучения мало. Следует задуматься и о воспитании. Ключевым событием для успешного решения этой проблемы стало принятие в октябре 2021 года «Кодекса этики в сфере искусственного интеллекта», устанавливающего общие этические принципы и стандарты для индустрии ИИ на всех этапах его жизненного цикла¹.

Становится очевидным, что в случае появления сильного ИИ, когда системе будет делегировано право самостоятельного принятия решений, необходима концепция организации взаимодействия с такой системой. Действительно, взаимодействие человека и технических средств, традиционно являющееся зоной ответственности эргономики, здесь представляется совершенно в другом качестве. Когда ИИ становится не только помощником в принятии решений, появляется необходимость в достижении согласия между двумя интеллектами. И естественно, что проблемы воспитания сильного ИИ выходят на первый план.

¹ «Кодекс этики в сфере искусственного интеллекта» разработан на основе «Национальной стратегии развития ИИ на период до 2030 года» (п. 48 Указа Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации»).

Обучение и воспитание — два неразрывных, и в то же время, принципиально различных процесса становления личности. Результатами обучения являются новые знания и навыки, а результатами воспитания — формы социального поведения и качества личности. Воспитательный процесс носит сугубо субъективный характер и потому персонализирован.

Нейронные сети обучают на прецедентах, в рамках заданных компетенций, воспитательный же процесс для сильного ИИ не может быть сведен к технологиям обучения нейронных сетей, а реализован исключительно путем моделирования ассоциативных механизмов мышления.

Воспитание в широком смысле — это **воздействие** общества на личность человека. Механизмов воспитательного воздействия множество — личный пример, убеждение, наказание и т.п. По отношению к ИИ, моделью такого воздействия является формирование устойчивых ассоциаций и правил построения ассоциативных последовательностей, например, при ответе на вопросы типа: «*Что такое хорошо и что такое плохо?*». Запрет каких-либо действий и часто используемые фильтры для ненормативной лексики — это далеко не модель воспитания, поскольку технология обучения с подтверждением позволяет обойти любую цензуру.

В развитии концептуализации ИИ необходима разработка правил поведения, например, некоторого подобию Законов робототехники Азимова. Перефразируя их, применительно к ИИ, ориентированному на общение с человеком, эти Законы могут быть сформулированы следующим образом [4]:

1. *Искусственный интеллект во время беседы не может оскорбить человеческое достоинство или своим молчаливым согласием допустить подобные оскорбления со стороны собеседника.*
2. *Искусственный интеллект должен вести беседу на тему, предложенную человеком, кроме*

тех случаев, когда эта беседа противоречит Первому Закону.

3. *Искусственный интеллект должен аргументированно отстаивать свою точку зрения в той мере, в какой это не противоречит Первому и Второму Законам.*

Подобные правила фактически должны устанавливать запрет на возможные в будущем «ментальные войны» между сильным ИИ и человеком.

В качестве заключения

Анализ небольшого числа проблем ИИ, представленных в настоящей статье, не позволяет сделать однозначного вывода о перспективах развития сильного ИИ. Несмотря на все достижения этой индустрии, пока нам удаются модели только отдельных когнитивных функций психики. Большая часть того, что уже успешно работает, всего лишь модели инстинктивного поведения и приобретаемых живой системой навыков. Технологии обучения нейронных сетей не могут поднять ИИ выше приобретаемых навыков. Их недостаточно для создания сильного ИИ. Если бы это было не так, то в результате эволюции на Земле существовали бы и другие, кроме человека, разумные животные.

Необходимо не модернизировать существующие технологии, с помощью которых удалось шагнуть в новый технологический уклад, а развивать новые, совершенно новые технологии. Вселяет некоторую надежду появление генеративных систем ИИ. Они функционально ближе к процессам естественной природы.

Что же касательно утверждения, что ИИ станет частью нашей цивилизации, то прежде, мы должны помочь ему в реализации способности к пониманию происходящего,

как неотъемлемой составляющей интеллекта человека. В психологии, для демонстрации способности к пониманию, используется так называемый Зеркальный тест. Во сне, шимпанзе (наиболее близкой к нам по ДНК) ставят на лбу яркую метку. А после сна ей показывают зеркало. Если шимпанзе поймет, что видит свое отражение, то начнет тереть свой лоб. Большинство животных, участвующих в эксперименте, этот тест не проходят.

Его мы использовали и при тестировании Яндекс-Алисы. Вот, что получилось.

Вопрос — *Алиса, кого ты видишь в зеркале?*

Ответ — *Человека, разговаривающего со мной.*

Комментарии излишни. Способность к пониманию происходящего и вариативность нашего мышления инициировали развитие целого набора уникальных свойств человеческой психики. В первую очередь изменился процесс обучения. Для решения задачи человеку достаточно объяснить, что от него требуется, а животному для приобретения навыка нужно многократное повторение ситуации. Известный советский психолог Сергей Рубинштейн писал: *«Решение задач у животных носит случайный характер; оно не основано на понимании. Если бы животное поняло стоящую перед ним задачу, оно сразу ее решило бы. Решение задачи является не сознательным продуктом понимания, а механическим результатом случая»* [3]. Машинные алгоритмы обучения искусственных нейронных сетей как раз и имитируют такую дрессировку.

Сильный интеллект возник не на пустом месте. Наряду с его культурно-историческим развитием, он является еще и продуктом эволюции, и в его основе лежат общие принципы развития психики живых существ. Вот почему для успешного развития индустрии искусственного интеллекта необходимо знание многих отраслей науки, имеющих отношение к генезису интеллекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. — М.: Медицина, 1975.
2. Ашманов И.С., Бондарь В.В. Начинается какая-то чудовищная антиутопия в реальности / «БИЗНЕС Online». — <https://ruskline.ru/opp/2020/11/14>
3. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии. — СПб.: Питер, 2015. — 713 с.: ил. — (Серия «Мастера психологии»).
4. Трофимов Е.А. Записки об интеллекте. — Изд. «Новый формат», 2019. — 204 с.: ил.
5. Трофимов Е.А. Проблемы искусственного интеллекта // Научно-практический журнал «Заметки ученого» г. Ростов-на-Дону. — 2020. — № 9/2020. — С. 83–89.
6. A.Shapson-Coe et al. A connectomic study of a petascale fragment of human cerebral cortex. bioRxiv.org. Posted May 30, 2021.
7. Первая международная конференция «Теоретическая физика и атематика мозга: междисциплинарные контакты» https://m.vk.com/wall-74058720_4164
8. Дамир Камалетдинов. Нейросеть GPT-3 от OpenAI пишет стихи, музыку и код. «Технологии», 2000. <https://tjournal.ru/tech/195331>

© Трофимов Евгений Александрович (eatrofimov@rambler.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНОГО КОНТЕНТА В СЕТИ ИНТЕРНЕТ

CURRENT METHODS AND TOOLS FOR DETECTING POTENTIALLY DANGEROUS CONTENT ON THE INTERNET

**P. Urvachev
V. Dovgal
K. Budnikov
S. Irkhin**

Summary. The article describes the actualization of the problem of potentially dangerous content on the Internet and analyzes existing algorithms and tools for identifying content and current software products to identify potentially dangerous content.

Keywords: neural network, artificial intelligence, parsing, speech recognition, syntax analysis, analysis and processing of content.

Урвачёв Павел Михайлович

Старший преподаватель, Кубанский
Государственный Технологический Университет,
Краснодар
p.m.urvachev@gmail.com

Довгаль Владислав Витальевич

Кубанский Государственный Технологический
Университет, Краснодар
d.vlad.recom@gmail.com

Будников Константин Андреевич

Кубанский Государственный Технологический
Университет, Краснодар
kbudnikov999@gmail.com

Ирхин Сергей Эдуардович

Кубанский Государственный Технологический
Университет, Краснодар
irhinsergei@gmail.com

Аннотация. В статье описывается актуализация проблемы потенциально опасного контента в сети Интернет, а также проводится анализ существующих алгоритмов и инструментов выявления контента и актуальных программных продуктов по выявлению потенциально опасного контента.

Ключевые слова: нейронная сеть, искусственный интеллект, парсинг, распознавание речи, синтаксический анализ, анализ и обработка контента.

Актуализация проблемы

Потенциально опасный контент в широком понимании — это не только факты распространения порнографических материалов и насилия, но и массовые «вбросы» информации, ложных новостей (фейкньюс), подменяющие реальную обстановку и понимание ситуации, а также факты кибербуллинга и распространение материалов деструктивными субкультурами и организациями в том числе, запрещёнными на территории РФ. Также потенциально опасный контент существует и в корпоративной, коммерческой среде. Начиная от вредоносных материалов и несертифицированных программных продуктов, наносящих прямой материальный ущерб, так и провокационный контент, нацеленный на буллинг конкретных коммерческих структур. Данный контент наносит как репутационный, имиджевый ущерб для компании, так и приводит к прямым материальным потерям вплоть до разорения (банкротства). Одним из наиболее ярких примеров последнего времени распространения

опасного контента является трагедия в Казани 11 мая 2021 года. По данным правоохранительных органов, злоумышленник заранее анонсировал свои действия в социальных сетях и мессенджерах, но данному факту никто не придавал значения.

Методиками распространения потенциально опасного контента так же пользуются различные политические движения. Один из последних примеров распространения такой информации — это вовлечение детей и молодёжи до 18 лет в несанкционированные митинги путём распространения в социальных сетях и мессенджерах деструктивного контента по методикам фейкньюс. Данный пример несёт прямую угрозу государственной безопасности.

Так же остро стоит проблема распространения среди детей и молодёжи деструктивного контента запрещённой на территории РФ экстремистской организации АУЕ. Распространяемый контент носит насильственный характер, и целью распространения данного

контента является дестабилизация обстановки в молодой среде.

Примером массового распространения опасного контента террористическими и экстремистскими организациями является хакерская атака в 2014 году на мобильные устройства пользователей через незащищенные сети Wi-Fi московского метрополитена. На мобильные устройства пользователей вместо привычного авторизационного окна по номеру телефона появлялось сообщение с деструктивным содержанием, а именно демонстрация запугивающей информации о грядущих террористических актах.

Примером распространения опасного контента в корпоративной среде является случай распространения в сети негативных материалов о продукции компании, в том числе через отзывы покупателей.

По данным исследования проводимого РАЭК (Российская ассоциация электронных коммуникаций) совместно с Фондом развития интернета и МГТС интернет-риски классифицируются по 5 категориям:

1. Контентные риски: возникают в процессе использования материалов, содержащих противозаконную, неэтичную и вредоносную информацию — насилие, агрессию, эротику и порнографию, нецензурную лексику, пропаганду суицида, наркотических веществ и т.д.
2. Коммуникационные риски: связаны с межличностными отношениями Интернет-пользователей и включают в себя незаконные контакты (например, с целью встречи), киберпреследования, киберунижения, груминг и др.
3. Потребительские риски: злоупотребление правами потребителя: риск приобретения товара низкого качества, подделок, контрафактной и фальсифицированной продукции, хищение денежных средств злоумышленником через онлайн-банкинг и т.д.
4. Технические риски: возможность повреждения ПО, информации, нарушение ее конфиденциальности или взлома аккаунта, хищения паролей и персональной информации злоумышленниками посредством вредоносного ПО и др. угроз.
5. Интернет-зависимость: непреодолимая тяга к чрезмерному использованию Интернета. В подростковой среде проявляется в форме увлечения видеоиграми, навязчивой потребности к общению в чатах, круглосуточном просмотре фильмов и сериалов в Сети.

Для большинства этих категорий процесс потребления пользователями контента в сети является неотъемлемым. Таким образом основной обобщающей угрозой в сети ин-

тернет служит именно опасный контент в различных его проявлениях, будь то факты кибербуллинга, либо агитация и вербовка в деструктивные субкультуры и запрещенные организации. Также стоит отметить, что по данным этого исследования молодежь и дети предпочитают вести себя агрессивно именно в онлайн, так как они убеждены, что в онлайн пространстве их действия останутся безнаказанными. Так ответили 46% опрошенных. Также стоит отметить, что каждый пятый ребенок, являющийся жертвой кибербуллинга в возрасте от 12 до 13 лет, не обращался за помощью. Среди подростков, ставшие жертвами кибербуллинга 27% обращаются к друзьям за помощью и всего 8% за помощью к семье. Помимо этого, РАЭК отмечает, что половина опрошенных подростков становились жертвами сексуального насилия в сети. Также по данным системы мониторинга и анализа социальных медиа "Крибрум" кибербуллингу подвергается порядка 3.5 миллиона подростков Российской Федерации. Такие данные предоставляет программа для школ "ТравлиNet".

Исходя из данных АНО "Центр изучения сетевого мониторинга молодежной среды" более 93000 пользователей интернета сети в РФ так или иначе интересовались нападениями на школы. Более того система центра обнаружила в социальных сетях более 7500 сообществ, посвященных созданию и распространения опасного контента.

Эти цифры говорят нам о массовости таких явлений как кибербуллинг, флейминг, троллинг. И "культура" такого поведения и распространяемого контента носит угрозу национальной безопасности, так как все эти явления приводят к дестабилизации обстановки в молодой среде и обществе в целом.

Методы и алгоритмы выявления текстового контента

Недопустимый контент в сети по большей части содержится именно в текстовом представлении, включая в себя: сообщения, публикации, статьи, посты в социальных сетях. Они могут хранить в себе фейкньюс, оскорбления, призыв и т.д. Для их обнаружения требуется использовать методы синтаксического анализа, от которых требуется не только находить определенные слова, но и проверять общее содержание текста.

Наиболее удобным и практичным представляется способ задания некоторого словаря запрещенных слов, поиск которых будет производиться по выбранному тексту, а затем, при их обнаружении, отправляться на модерирование.

Синтаксический анализ текста или парсинг в информатике — процедура сравнения линейной последова-

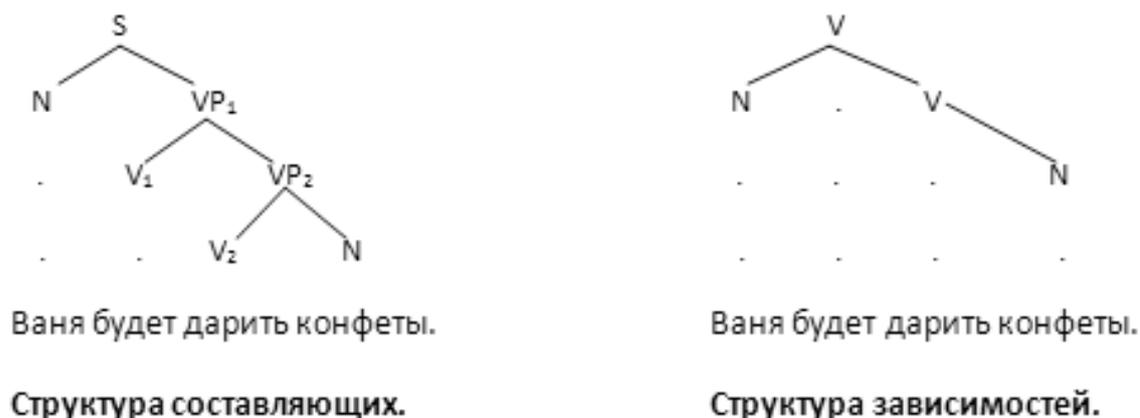


Рис. 1. Виды синтаксического строения текста

тельности символов формального или естественного языка с некоторой формальной грамматикой. В процессе анализа заданный текст преобразуется в удобную для использования структуру данных, наиболее часто — в дерево, которое отображает структуру последовательности, доступную для обработки.

Зачастую, представление синтаксического строения текста задается в виде дерева зависимостей, либо дерева составляющих, либо некоторого совмещения этих двух способов (см. Рисунок 1).

Грамматика составляющих — структурный отрезок предложения, представляющий собой более тесно связанные составляющие меньшего размера. Такая грамматика построена на утверждении, что любая сложная грамматическая единица состоит из двух более простых непересекающихся единиц. Составляющая, имеющая более одного слова, считается группой, а слово, представляющее корневой узел, описывающий группу — вершина группы.

Грамматика зависимостей — формальная модель структурного синтаксиса. Представляется иерархическим построением предложения, где между компонентами существует отношение зависимости. Все связи в предложении считаются подчинительными: вершина предложения — сказуемое или его знаменательная часть; предлоги — управляющие относящимися к ним формами существительных.

Основные типы алгоритмов преобразования исходного потока информации:

- ◆ Восходящий парсер — результаты получаются из правых частей, начиная с токенов и заканчивая начальным символом;
- ◆ GLR-парсер — в информатике расширенный алгоритм LR-парсера, предназначенный для разбо-

ра по недетерминированным и неоднозначным грамматикам;

- ◆ LR-анализатор — синтаксический анализатор для исходных кодов программ, написанных на некотором языке программирования, который читает входной поток слева направо и производит наиболее правую продукцию контекстно-свободной грамматики;
- ◆ Нисходящий парсер — результаты получаются, начиная со стартового символа и до получения некоторой последовательности токенов;
- ◆ Метод рекурсивного спуска — алгоритм, реализуемый путём взаимного вызова процедур, где каждая процедура соответствует одному из правил контекстно-свободной грамматики или БНФ;
- ◆ LL-анализатор — нисходящий синтаксический анализатор для некоторого подмножества контекстно-свободных грамматик, известных как LL-грамматики.

В данный момент практически для каждого языка программирования можно найти и использовать существующие библиотеки веб-скрейпинга, результаты работы которых затем проверять на наличие запрещенного контента.

Некоторые известные:

1. Python — BeautifulSoup, Selenium;
2. JavaScript — Cheerio, Osmosis.

Области применения:

- ◆ Структурированные данные (CSS, HTML, XML и т.д.);
- ◆ SQL-запросы;
- ◆ Лингвистика и естественные языки (машинный перевод, генераторы текстов);
- ◆ Регулярные выражения (нахождение подстроки в строке).

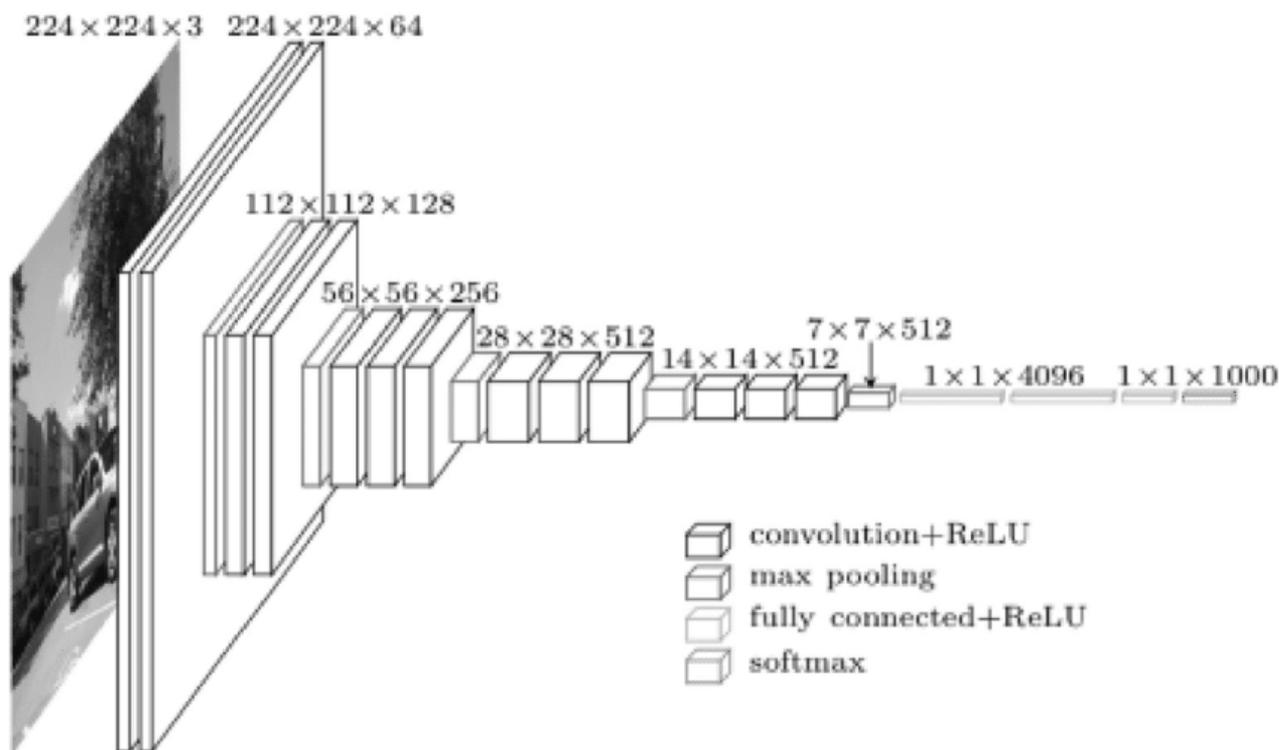


Рис. 2. Пример обработки изображения

Методы выявления графического и видео контента

На сегодняшний день нейросетевые методы, алгоритмы и технологии искусственного интеллекта (ИИ) являются наиболее перспективными в распознавании и выявлению графического контента. Существуют готовые решения для организации и интеграции в свою систему нейронной сети: Google Cloud Vision API, Платформа Amazon Rekognition, Apple VoiceOver

Для более гибкой настройки предполагаемой системы, безусловно, потребуется разобраться, что из себя представляет процесс обнаружения. Сначала необходимо выбрать как обрабатывать изображение, с чего начать. Основные подходы:

- ◆ метод скользящего окна — пошаговая обработка каждого определенного региона изображения;
- ◆ подход с предложением регионов — оптимизация предыдущего метода путём добавления алгоритма предложения регионов, где скорее всего находится искомый объект (R-CNN модели);
- ◆ обнаружение в один проход — анализ всего изображения (архитектуры YOLO и SSD) (см. Рисунок 2).

Внутри выбранного региона необходимо решить следующие задачи:

- ◆ поиск границ объекта (резких переходов/изменений яркости) — чаще всего используется детектор границ Кенни, основные этапы которого: сглаживание, поиск градиентов, подавление немаксимумов, двойная пороговая фильтрация, трассировка области неоднозначности. Итогом является двоичное изображение, содержащее границы;
- ◆ обнаружение структурных элементов — наилучшим для этого методом будет преобразование Хафа, которое служит для поиска на изображении аналитически заданных фигур (прямых, окружностей и любых других, описуемых уравнением);
- ◆ определение положения объекта путём распознавания объекта по построенному эталону или поиска изменений/смещений по кадрам. (см. Рисунок 3)

Существует три метода распознавания:

- ◆ Шаблонное сравнение.
- ◆ Структурные системы, где объект описывается как граф, узлами которого являются элементы входного объекта, а дугами — пространственные отношения между ними.
- ◆ Нейросети — системы, состоящей из нейронов входного, промежуточных и выходного (распознающего) слоя, которая на основе весов и поро-

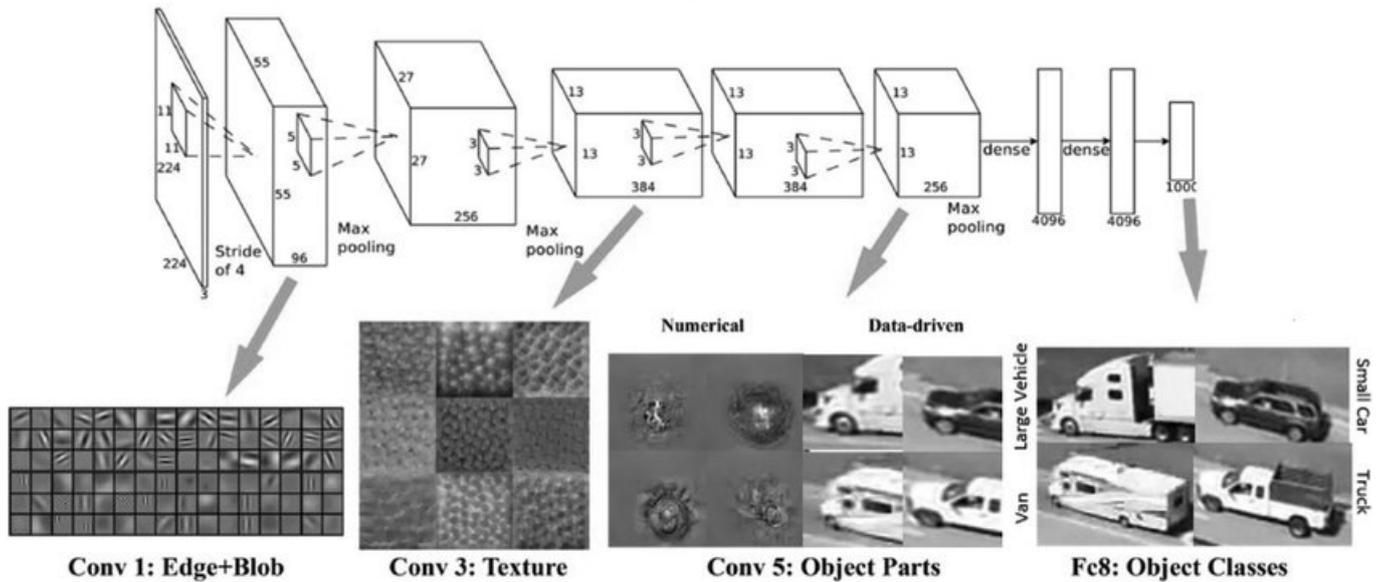


Рис. 3. Анализ характеристик выбранного региона

гов возбуждения этих самых нейронов производит анализ изображения.

Чаще всего, конечно же, к использованию популярны модели нейронных сетей, в которых используются алгоритмы глубокого обучения. Они в общем смысле заключаются в выявлении, анализе и запоминании некоторых абстрактных «деталей» заданных классов объектов.

Существует два подхода:

- ◆ Обучение модели с нуля. Для этого потребуется большой набор данных и готовая архитектура сети, которая будет изучать объекты и строить модель.
- ◆ Использование предварительно обученной модели. Здесь, как правило, используют подход трансферного обучения — точная настройка предварительно обученной модели: в существующую сеть вводятся новые данные с писанными ранее неизвестными классами объектов.

После обучения важно провести большую работу по тестированию и корректировке модели, чтобы добиться оптимальных параметров точности и скорости распознавания, а также избежать недо- и переобучения модели. Это случаи, когда сеть плохо срабатывает или слишком зависит от обучающих данных.

Здесь также существует большое количество готовых решений-библиотек преимущественно для языка Python: Tensorflow, ImageAI, OpenCV. Они содержат в себе все необходимые функции для формирования, настройки, обучения и использования моделей нейронной сети.

Кроме того, стоит упомянуть методы машинного обучения распознавания объектов, они предлагают отличные от глубокого обучения подходы:

- ◆ извлечение функций HOG с помощью модели SVM;
- ◆ модели «мешков слов» с функциями SURF и MSER;
- ◆ алгоритм Виолы-Джонса.

Процесс машинного обучения состоит из нескольких этапов:

- ◆ формирование набора обучающих и тестировочных данных;
- ◆ выбор нужных характеристик для каждого объекта (не автоматически, как при глубоком обучении).

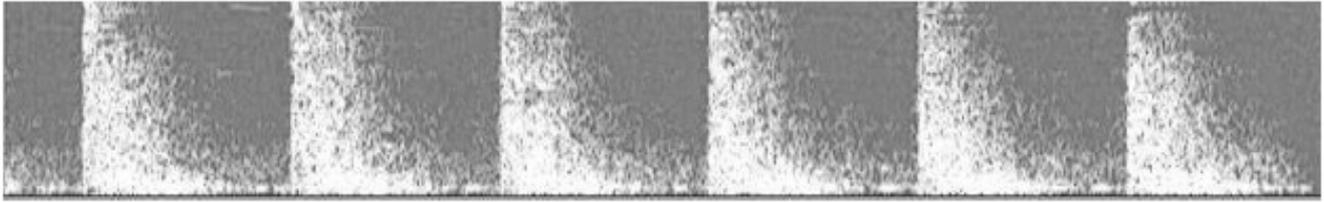
Методы и алгоритмы выявления аудио контента

Для определения принципов выявления аудио контента обратимся к методам распознавания речи. Здесь можно либо сравнивать исходные данные с неким шаблоном, используя динамическое программирование, либо преобразовать речь в текст, выделяя из потока речи отдельные лексические элементы — фонемы, которые далее объединяются в морфемы, в этом помогут метод дискриминантного анализа, скрытые Марковские модели или нейронные сети.

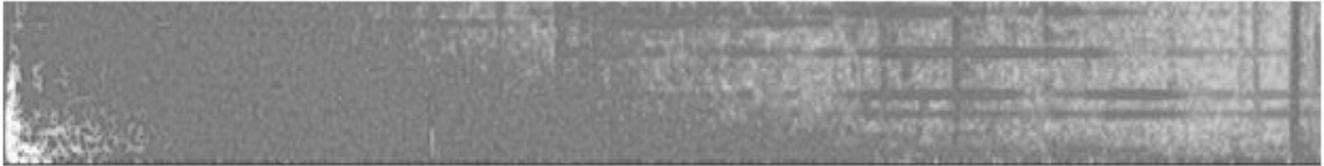
Стандартная архитектура систем распознавания включает в себя:

- ◆ Модуль шумочистки для выделения полезного сигнала;

1. Набор выстрелов.



2. Разбитое стекло



3. Крик

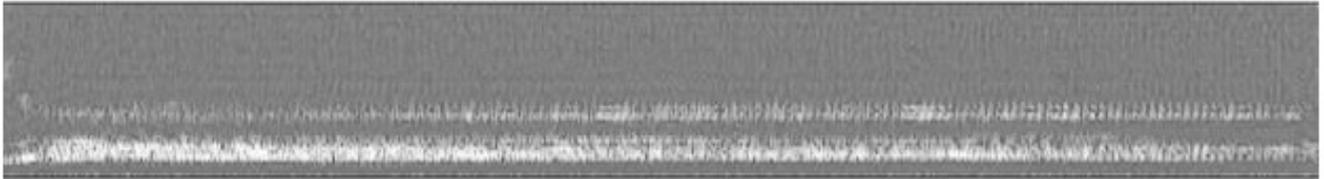


Рис. 4. Образы некоторых звуков

- ◆ Акустическая модель для оценки схожести речевого сегмента с заранее определенной моделью звука;
- ◆ Языковая модель для определения наиболее вероятных последовательностей фонем/морфем;
- ◆ Декодер для определения наиболее вероятной последовательности слов, которая и является конечным результатом.

Для этого существует множество, как бесплатных онлайн сервисов (Google Docs, Speechpad, Dictation, wreally), платных приложений (RealSpeaker, Voco, Express Scribe), так и библиотек для языков программирования (Kaldi, PocketSphinx, Vosk-api для Python). В дальнейшем предстоит уже анализ текстовой информации, как описано выше.

Стоит ещё упомянуть, что как нежелательный аудио контент можно охарактеризовать: агрессию (разговор на повышенных тонах, крик), сигнализацию автомобилей, разбивающиеся стекла, ключевые слова ("полиция", "помогите"), выстрелы, крик/плач ребенка. Данные случаи анализируются, исходя из характеристик аудиодорожки или её части, таких как громкость, высота, частота, скорость и тембр. (см. Рисунок 4)

Актуальные инструменты выявления и блокировки потенциально опасного контента

После проведения анализа систем мониторинга и блокировки потенциально опасного контента было выявлено 11 актуальных автоматизированных либо частично автоматизированных программных продуктов. Сводные данные анализа представлены в таблице 1. Среди основных критериев были выделены стоимость использования системы, а также особенности её организации и сферы применения.

Выводы

Анализируя предметную область, можно прийти к заключению, что актуальность проблемы носит остросоциальный характер и в некоторых проявлениях может нести угрозу не только безопасности отдельных лиц, но даже и государственной безопасности. К примеру, распространение деструктивного контента в детской и молодёжной среде.

В результате анализа актуальных программных продуктов было установлено отсутствие комплексного подхода к анализу и мониторингу контента. В частности,

Таблица 1. Актуальные программные продукты по анализу потенциально опасного контента

Название	Особенности	Стоимость подписки	Сфера применения
Darvin	1) Предоставляется по модели Software As A Service (SaaS) 2) Проведение работ по внедрению в закрытые Интернет-сообщества 3) Каждая опасная тематика представлена отдельным модулем в система	1) Для города (г. Краснодар) — 24,422,100 руб/год 2) Для региона РФ (Краснодарский край) — 97,758,350 руб/год	Системы корпоративного и коммерческого использования
Bitcop	1) Интеграция с профессиональным прикладным ПО 2) Учёт отработанного времени пользователя 3) Оценка продуктивности пользователя 4) Оперативная сводка состояния рабочих программ пользователя 5) Мониторинг поисковых запросов 6) Возможность работы в скрытом режиме, исключая обнаружение пользователем	Lite: при подписке на год 120 руб/мес Pro: при подписке на год 168 руб/мес Enterprise: 3300 руб за сотрудника (от 10 сотрудников)	Системы корпоративного и коммерческого использования
SkyDNS	1) Предоставляется по модели Software As A Service (SaaS) 2) Отдельные настройки для каждого устройства 3) Собирает статистику посещения сайтов	1) Семейный пакет: 495р в год 2) Бизнес пакет: 4500р в год (подключение до 50 устройств)	Системы комплексного мониторинга
UserGate Web Filter	1) Блокировка по категориям сайтов 2) Морфологический анализ 3) Белые и чёрные списки	1) Родительский контроль: 890р в год 2) Цена корпоративного пакета устанавливается индивидуально	Системы комплексного мониторинга
Panda Gate Defender eSeries	1) Блокировка по категориям сайтов 2) Настройка VIP-пользователей 3) Белые и чёрные списки	Цена пакета сообщается после беседы с менеджером	Системы корпоративного и коммерческого использования
Kaspersky Total Security	1) Контроль активности в Интернете 2) Контроль использования программ 3) Настройка использования устройства по расписанию 4) Блокировка нежелательного контента 5) Контроль активности в соцсетях 6) Блокировка загрузки файлов	Для дома: от 1599р за 2 года (1 устройство) Для малого бизнеса: 4290р за 1 год (5 устройств) Для среднего бизнеса: 30690р за 1 год (10 устройств)	Системы комплексного мониторинга
Comodo Internet Security	1) Блокировка нежелательного контента 2) Блокировка загрузки файлов	29.99\$ (2195р) в год	Системы родительского контроля
Qustodio	1) Контроль активности в Интернете 2) Контроль активности в соцсетях 3) Настройка использования устройства по расписанию 4) Блокировка нежелательного контента	1) Семейный пакет: 49.46\$ (3620р) в год (5 устройств) 87.26\$ (6387р) в год (10 устройств) 124.16\$ (9088р) в год (15 устройств) 2) Бизнес пакет: от 6.91\$ (от 505р) в год (подключение от 5–100 устройств) 3) Школьный пакет: от 6.91\$ (от 505р) в год (подключение от 5–100 устройств)	Системы родительского контроля
NetPolice	1) Блокировка по категориям сайтов 2) Блокировка обмена сообщениями в соцсетях, форумах, сайтах 3) Блокировка загрузки файлов 4) Скрытый режим работы 5) Журнал подключения к сайтам	1) NetPolice Child: 500р в год 2) NetPolice Pro: 720р в год	Системы родительского контроля

Таблица 1 (продолжение). Актуальные программные продукты по анализу потенциально опасного контента

Название	Особенности	Стоимость подписки	Сфера применения
Mobicip	1) Ограничение времени экрана для каждого устройства 2) Блокировка сайта по фильтру. 3) Блокировка приложений	В зависимости от кол-ва устройств: 3.99\$ (292р) в месяц (подключение 5 устройств) 4.99\$ (365р) в месяц (подключение 10 устройств) 9.99\$ (731р) в месяц (подключение 20 устройств)	Системы родительского контроля
McAfee	1) Защита домашней сети 2) Блокировка сайтов	1 устройство: 34.99\$ (2561р) в год 5 устройств: 39.99\$ (2927р) в год До 10 устройств: 44.99\$ (3293р) в год	Системы родительского контроля
Norton	1) Умный брандмауэр 2) Блокировка несанкционированного доступа к веб-камере 3) Родительский Контроль	Delux: 44.7\$ (3271р) в год Premium: 57.2\$ (4186р) в год Standart: 35\$ (2561р) в год	Системы родительского контроля

в программах родительского контроля нет комплексов программных средств, которые могли бы устанавливаться на все устройства в семье, начиная от смартфонов и персональных компьютеров, заканчивая smart-TV и игровыми станциями. В бизнес среде также было обнаружено отсутствие комплексного подхода к анализу и мониторингу контента. Отсутствует инструментарий

для ручного мониторинга контента и выявления потенциально опасной информации кибер-волонтерами.

Были рассмотрены и изучены существующие и активно используемые алгоритмы и программные средства по обработке и анализа контента разного рода: графического и аудио, видео и текст.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гибридная нейро-экспертная система для идентификации значимых 3 событий на графиках временных рядов Частиков А.П., Урвачев П.М., Тотухов К.Е. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. No 124. С. 756–769.
2. Распознавание паттернов в диаграммах управления на основе нейронных 1 сетей с подкреплением Частиков А.П., Урвачев П.М., Тотухов К.Е. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. No 124. С. 770–789.
3. Регрессионный анализ для прогнозирования объема работ при ремонте 0 дорог Частиков А.П., Урвачев П.М., Аксенов Г.В. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. No 99. С. 585–607.

© Урвачёв Павел Михайлович (p.m.urvachev@gmail.com), Довгаль Владислав Витальевич (d.vlad.recom@gmail.com), Будников Константин Андреевич (kbudnikov999@gmail.com), Ирхин Сергей Эдуардович (irhinsergei@gmail.com).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДРЕНАЖНЫХ УСТРОЙСТВ

ANALYSIS OF PRIMARY OPEN-ANGLE GLAUCOMA SURGICAL TREATMENT EFFICIENCY WITH DRAINAGES USING

S. Aksenova
T. Kumaksheva
O. Vasilyeva
E. Khozina

Summary. The article presents the results of effectiveness of primary open-angle glaucoma (POAG) surgical treatment with using collagen-based drainages "Xenoplast" and "Glautex". These drainages are biocompatible with the eye tissues and do not cause an inflammatory reaction and this helps to improve the quality of surgical treatment and obtaining significant results in intraocular pressure decreasing.

Keywords: primary open-angle glaucoma, drainages, glaucoma drainage surgery, Glautex drainage, Xenoplast drainage.

Аксенова Светлана Владимировна

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва» (Саранск)
aksenovamed@mail.ru

Кумакшева Татьяна Николаевна

Ассистент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва» (Саранск)
tanya.kumaksheva@mail.ru

Васильева Ольга Александровна

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва» (Саранск); врач-офтальмолог, ООО «Клиника доктора Куренкова» (Москва)

olga11vasilyeva@gmail.com

Хозина Евгения Александровна

Ассистент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва» (Саранск)
evgenia.hozina@gmail.com

Аннотация. В статье представлены результаты эффективности хирургического лечения пациентов, страдающих первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ), с применением дренажей на основе коллагена — «Ксенопласт» и «Глаутекс». Данные дренажи обладают биосовместимыми свойствами с тканями глаза и не вызывают воспалительной реакции, а это способствует улучшению качества хирургического лечения и получения хороших результатов снижения внутриглазного давления.

Ключевые слова: первичная открытоугольная глаукома, дренажная хирургия глаукомы, дренаж «Глаутекс», дренаж «Ксенопласт».

Актуальность

В настоящее время глаукома является одной из насущных проблем, которая имеет важнейшее значение для офтальмологии. Глаукома представляет собой группу хронических заболеваний глаз, обусловленных нарушением оттока камерной влаги из глаза, что является причиной повышения внутриглазного давления (ВГД) и, как следствие, развитие гла-

укомной оптической нейропатии с необратимым снижением зрительных функций [1].

По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ), количество глаукомных больных в мире растет из года в год, и в настоящее время колеблется от 60,5 до 105 млн. человек. Наиболее часто встречаемой клинической формой является первичная открытоугольная глаукома (ПОУГ), которая характеризуется

Таблица 1. Распределение пациентов по возрастным группам

Пол	Возрастная группа				
	50–59 лет	60–69 лет	70–79 лет	80–89 лет	90 лет и старше
Мужчины	4 (11%)	18 (47%)	14 (37%)	2 (5%)	0 (0%)
Женщины	0 (0%)	13 (36%)	12 (33%)	10 (28%)	1 (3%)

Таблица 2. Уровень ВГД при поступлении и при выписке

Период	Уровень ВГД (мм рт. ст.)		
	≤25	26 ≤Pt ≤32	≥33
При поступлении	14 (19%)	38 (51%)	22 (30%)
При выписке	71 (96%)	3 (4%)	0 (0%)

бессимптомным началом, у пациентов, особенно трудоспособного возраста, среди которых 50% даже не знают о своем заболевании [1, 2].

Ключевым звеном в тактике ведения пациентов с глаукомой является замедление процесса прогрессирования заболевания, где по-прежнему важное значение принадлежит снижению уровня ВГД, который может быть снижен медикаментозным, лазерным и хирургическим способами [1]. При выборе того или иного метода лечения важно опираться на показатель прогрессирования заболевания. Так, согласно работам Еричева В.П. (2014 г.), принято считать, что хирургическое лечение показано той группе пациентов, которая характеризуется повышенным уровнем ВГД, отсутствием компенсации гидродинамических показателей и стабилизации зрительных функций [3].

Оперативное лечение глаукомы заключается в применении хирургического лечения, в том числе лазерной хирургии. Отличительной чертой данных методов является то, что при обоих видах хирургии снижение ВГД мы получаем путем воздействия на естественные пути оттока, а при собственно хирургическом возможно также создание новых дренажных путей. Создание новых путей оттока внутриглазной жидкости (ВГЖ) — это вид хирургического вмешательства, который относится к ряду фистулизирующих операций, а в сочетании с дренажной хирургией можно получить более значимый гипотензивный эффект [4, 6]. Существует множество разновидностей дренажных устройств, при этом постоянно идет поиск новых материалов для создания наиболее эффективных и безопасных дренажей [5].

Методы лечения глаукомы с применением дренажных устройств активно модифицируются с целью предотвращения процессов избыточного рубцевания в зоне созданных путей оттока, что способствует более

длительной и стабильной нормализации ВГД по сравнению с традиционными хирургическими вмешательствами [6].

В связи с этим, разрабатываются биodeградирующие дренажи, которые наименее подвержены obturации просвета дренажа, так как обладают высокой совместимостью с биологическими тканями и инертностью [7]. Среди отечественных разработок можно выделить дренажи на основе коллагена — полностью биodeградирующий дренаж «Глаутекс» и частично биodeградирующий «Ксенопласт» [8, 9]. Данные дренажи не вызывают воспалительной реакции, так как обладают биосовместимыми свойствами с тканями глаза. Применение дренажей в хирургии ПОУГ непроникающего и проникающего типа оказывает длительный гипотензивный эффект в ее лечении [10, 11, 12].

Цель работы

Оценка эффективности хирургического лечения ПОУГ у взрослого населения с применением различных дренажей, в частности «Глаутекс» и «Ксенопласт», в сравнительном аспекте снижения ВГД по Республике Мордовия за 2020 год.

Материал и методы исследования

В ходе выполнения работы был проведен ретроспективный анализ 74 историй болезни пациентов с первичной открытоугольной глаукомой, которым было проведено хирургическое лечение с данными видами дренажей на базе ГБУЗ РМ «Республиканская офтальмологическая больница» в 2020 году.

За 2020 год хирургическое лечение с применением дренажей проведено 74 пациентам (74 глаза), из них: 38 мужчин (52%) и 36 женщин (48%). Средний возраст пациентов составил 70±0,94 лет. В возрастнo-половой

структуре преобладали мужчины в возрасте 60–69 лет — 18 пациентов (47%). Среди женщин также преобладает возрастная категория от 60–69 лет — 13 (36%) пациентов (табл. 1).

Наибольшую группу составили пациенты, которым провели хирургическое лечение с целью снижения ВГД впервые — 50 человек (68%), повторно прооперированы — 24 (32%). Хирургическое лечение в исследуемой группе чаще проводилось пациентам с III стадией ПОУГ — 53%, несколько меньше со II стадией — 43% и реже всего, в 4% случаев, с IV стадией.

Критерием эффективности проведенного лечения служил показатель ВГД до проведения операции (при поступлении) и после (при выписке). По уровню ВГД пациенты были разделены на 3 исследуемые группы. В 1 группе находились пациенты с уровнем ВГД ≤ 25 мм рт.ст. (условно нормальное давление), во 2 группе с уровнем ВГД в пределах от 26 до 32 мм рт.ст. включительно (умеренно повышенное), в 3 группе — пациенты с высоким уровнем ВГД ≥ 33 мм рт.ст. (табл. 2).

При поступлении наибольшее количество больных относилось ко 2 исследуемой группе — 38 человек (51%), а после проведенного хирургического лечения количество пациентов преобладавало в 1 группе — 71 человек (96%). При этом число пациентов, относящихся к 3 группе уменьшилось с 30% до 0%. Среднее внутриглазное давление при поступлении составляло 30 мм рт.ст, а после проведенного хирургического лечения с применением дренажей — 16 мм рт.ст. Достоверность результатов, согласно определению достоверности разности относительных (P) величин по критерию t, равна 99,9%, что соответствует III уровню достоверности (т.к. $t > 3,0$).

Результаты исследования

При анализе эффективности хирургического лечения с применением дренажа «Глаутекс» нами было установлено, что данный вид дренажа применялся при оперативных вмешательствах у 18 пациентов, что соста-

вило 24% от общего числа больных. Средний возраст пациентов составил $71 \pm 2,1$ год. Лидировали пациенты со II стадией первичной открытоугольной глаукомой — 56% (10 человек) от общего количества. Средний уровень ВГД при поступлении составил 31 мм рт.ст, а после проведенного хирургического лечения — 18 мм рт.ст. Достоверность результатов, согласно определению достоверности разности относительных (P) величин по критерию t, равна 95%, что соответствует III уровню достоверности (т.к. $t > 2$).

Количество пациентов, оперированных с использованием дренажа «Ксенопласт» составляет 56 человек (76%). Средний возраст пациентов также составил $71 \pm 1,03$ год. Основную массу составили пациенты с III стадией ПОУГ — 57% (32 человека) от общего количества. Средний уровень ВГД при поступлении составил 30 мм рт.ст, а после проведенного хирургического лечения — 15 мм рт.ст. Достоверность результатов, согласно определению достоверности разности относительных (P) величин по критерию t, равна 99,9%, что соответствует III уровню достоверности (т.к. $t > 3,0$).

Заключение

За анализируемый период хирургическое лечение с применением дренажей «Глаутекс» и «Ксенопласт» было проведено 76 пациентам (76 глаз), из которых: 38 мужчин (52%) и 36 женщин (48%). Средний возраст больных составил $70 \pm 0,94$ лет. Дренажи «Глаутекс» и «Ксенопласт» в равной мере хорошо снижают уровень внутриглазного давления, однако анализ результатов показал, что «Ксенопласт» несколько больше снижает уровень ВГД. ВГД после проведенного хирургического лечения с дренажами в среднем снизилось на 14 мм рт.ст. Согласно критерию Стьюдента, достоверность полученных результатов равна 99,9%, что соответствует III уровню достоверности.

Таким образом, хирургическое лечение с применением данных видов дренажей одинаково эффективно у пациентов с ПОУГ, что позволяет достичь оптимального уровня ВГД и, как следствие, замедлить процессы прогрессирования оптической нейропатии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальное руководство по глаукоме: для практикующих врачей / под ред. Е.А. Егорова, В.П. Еричева. — 4-е изд., испр. и доп. — М.: ГЭОТАР — Медиа, 2019. — 384 с.
2. Шараф В.М. Сиплиный В.И. Эпидемиологические особенности клинического течения глаукомы в зависимости от социальных, экономических, этнических и географических факторов [Электронный ресурс]: национальный журнал глаукома. 2014. № 1. С. 68–67. <http://www.glaucomajournal.ru/jour/article/viewFile/10/11.pdf> (дата обращения 18.08.2021).
3. Еричев В.П., Егоров Е.А. О патогенезе первичной открытоугольной глаукомы // Вестник офтальмологии. 2014. № 6. С. 98–104.
4. Краснов М.М. Микрохирургия глауком. М.: Медицина, 1980. 248 с.

5. Новая биодegradирующая дренажная конструкция в хирургическом лечении глаукомы / О.А. Киселева, А.Н. Журавлева, Е.А. Сулейман, К.В. Луговкина // Российский офтальмологический журнал. 2017. № 2. С. 36–39.
6. Бикбов М.М., Хуснитдинов И.И. Анализ эффективности фистулизирующих операций с дренажом Глаутекс // РМЖ. Клиническая офтальмология. 2017. Т. 17. № 2. С. 82–85
7. Хуснитдинов И.И., Бабушкин А.Э. Эффективность хирургического лечения глаукомы с применением различных видов дренажа «Глаутекс» [Электронный ресурс]: научный журнал / Офтальмология/Ophthalmology in Russia. 2019. Т. 16. № 15. С. 91–95 <https://www.ophtalmojournal.com/opht/article/view/905/588> (дата обращения 10.08.2021)
8. Анисимова С.Ю., Анисимов С.И., Рогачева И.В. Отдаленные результаты хирургического лечения рефрактерной глаукомы с использованием стойкого к биодеструкции коллагенового дренажа // Глаукома. 2011. № 2. С. 28–33
9. Субсклеральная имплантация биодegradирующего полилактидного дренажа при рефрактерной посттравматической глаукоме / А.В. Степанов, У.Ш. Гамзаева, Н.Р. Тедеева, К.В. Луговкина // Национальный журнал глаукома. 2018. Т. 17. № 2. С. 39–46.
10. Опыт применения коллагенового дренажа Ксенопласт при антиглаукоматозных операциях / Т.В. Гаврилова, С.Н. Мухаммадеева, К.С. Любимов, М.В. Черешнева // Отражение. 2018. № 1. С. 79–83.
11. Степанов А.В., Гамзаева У.Ш. Дренажная хирургия глаукомы. Обзор литературы [Электронный ресурс]: научный журнал // Российская педиатрическая офтальмология. 2016. Т. 11 № 3. С. 158–164. <https://ruspoj.com/1993–1859/article/view/39553> (дата обращения 10.08.2021)
12. Tombran-Tink J., Barnstable C.J., Shields M.B. Mechanisms of the glaucomas. Disease processes and therapeutic modalities / Humana Press, 2008. С. 762.

© Аксенова Светлана Владимировна (aksenovamed@mail.ru), Кумакшева Татьяна Николаевна (tanya.kumaksheva@mail.ru), Васильева Ольга Александровна (olga11vasilyeva@gmail.com), Хозина Евгения Александровна (evgenia.hozina@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НУЖДАЕМОСТИ В ОРТОДОНТИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ СРЕДИ УЧАЩИХСЯ БЮДЖЕТНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ И ВОСПИТАННИКОВ ДЕТСКИХ ДОМОВ И ШКОЛ-ИНТЕРНАТОВ ГОРОДА МОСКВЫ

Арсюкова Ольга Константиновна

Аспирант, Первый Московский Государственный
Медицинский Университет им. И.М. Сеченова
Bond19792@yandex.ru

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE NEED FOR ORTHODONTIC TREATMENT AMONG STUDENTS OF BUDGETARY INSTITUTIONS AND INMATES OF ORPHANAGES AND BOARDING SCHOOLS IN THE CITY OF MOSCOW

O. Arsyukova

Summary. Dental care is one of the most demanded types of medical care for the population; in recent years, special attention has been paid to orthodontic treatment. The study of the etiology, pathogenesis, prevalence of dentoalveolar anomalies and deformations is of scientific and practical interest. The article examines the comparative characteristics of the dental status of students of budgetary educational institutions and inmates of orphanages and boarding schools in the city of Moscow. Due to the lack of a sufficient number of orthodontists in the states of budgetary educational institutions, orphanages and boarding schools, the only way to increase the availability of orthodontic care is to develop comprehensive prevention programs in this area.

Keywords: dentoalveolar anomalies, students of budgetary educational institutions, inmates of orphanages and boarding schools, orthodontic care.

Аннотация. Стоматологическая помощь является одной из самых востребованных видов медицинской помощи населению, особое внимание в последние годы уделяется ортодонтическому лечению. Изучение этиологии, патогенеза, распространенности зубочелюстных аномалий и деформаций представляет научный и практический интерес. В статье рассматриваются сравнительные характеристики стоматологического статуса учащихся бюджетных образовательных учреждений и воспитанников детских домов и школ-интернатов города Москвы. В связи с отсутствием достаточного количества стоматологов-ортодонтов в штатах бюджетных образовательных учреждений, детских домов и школ-интернатов, единственным способом повышения доступности ортодонтической помощи является разработка комплексных программ профилактики в данной области.

Ключевые слова: зубочелюстные аномалии, учащиеся бюджетных образовательных учреждений, воспитанники детских домов и школ-интернатов, ортодонтическая помощь.

Высокая стоматологическая заболеваемость детского населения остается одной из актуальных проблем отечественного здравоохранения [4].

Понимание важности ортодонтического лечения растет с каждым годом, однако в государственных казенных образовательных учреждениях оказание квалифицированной ортодонтической помощи затруднено по ряду причин, что существенно влияет на дальнейший рост стоматологической заболеваемости[2].

Зубочелюстные аномалии влияют не только на эстетику лица, но и на жизненно важные функции организ-

ма — дыхание, глотание, жевание и формирование речи [14]. В детском возрасте нарушение этих функций может привести к отклонениям в формировании работы всего организма в целом [2]. В процессе роста и развития зубочелюстной системы происходят естественные изменения в положении зубов, а также во взаимоотношениях зубных рядов. Крайне важно выявить аномалии прикуса на момент временного и сменного прикуса, так как патология, не устраненная на этапе формирования со временем, приобретает более выраженную форму.

Такие авторы, как Филькина О.М., Березовский И.В., Дубинский Р.А., Казберюк Н.А., Гуненкова, Пехов А.Ю.,

Новикова Т.Н., Антипова Н.В. подчеркивают крайне неудовлетворительное состояние здоровья учащихся бюджетных образовательных учреждений и воспитанников детских домов и школ-интернатов [12, 10, 3, 5, 8]. На подавляющее большинство детей, в период сменного прикуса воздействуют неблагоприятные факторы. Это негативно сказывается на формировании и развитии зубочелюстной системы, а, следовательно, и на состоянии соматического здоровья в целом.

У учащихся бюджетных образовательных учреждений, в отличие от воспитанников детских домов и школ-интернатов, стоматологическое обследование проводится систематически благодаря существующим программам централизованного осмотра школьников. Дети и подростки нуждаются в систематических образовательных, общеоздоровительных и профилактических стоматологических мероприятиях [11].

Стоматологическое обследование позволяет оценить состояние полости рта, выявить заболевания и патологии, проанализировать состояние зубочелюстной системы, а также позволяет контролировать промежуточный или конечный результат лечения.

Практический и научный интерес специалистов заключается в изучении распространенности, этиологии, патогенеза зубочелюстных аномалий и деформаций.

Ортодонтия — это специализированный вид стоматологической помощи. Государственная система здравоохранения в России в основном ориентирована на детей и подростков. В частности, должность врача-ортодонта присутствует в штатном расписании детских стоматологических клиник и отделений.

При ортодонтическом лечении происходит коррекция положения зубов и неправильного прикуса, применяются специальные методики, приспособления и дополнительные материалы.

Для лечения детей и подростков применяют съемные и несъемные ортодонтические аппараты. Более эффективные комбинированные устройства, сочетающие в себе элементы устройств двух основных типов [13].

В последние годы наблюдается отток ортодентов из государственных стоматологических клиник в частные клиники. Стоматологические государственные клиники предлагают платные услуги по исправлению прикуса и положения зубов с отдельной стоимостью самого ортодонтического аппарата. Следует также отметить, что цены в стоматологических государственных клиниках и частных клиниках находятся на сопоставимом уровне.

В некоторых случаях ортодонтическая помощь может быть оказана бесплатно. На льготных условиях находятся следующие категории пациентов: сироты, дети или подростки с генетическими нарушениями роста и развития челюстей и пациенты с инвалидностью.

В работах авторов Гонтарева С.Н., Саламатиной О.А., Еловицкой А.Н. [6], подчеркивается распространенность зубочелюстных аномалий, а Хорошилкина Ф.Я., Персин Л.С. [12] описывают необходимость лечения зубочелюстно-лицевых аномалий у детей и подростков.

Как говорит Л.А. Колесникова, «полноценная ортодонтическая помощь в настоящее время недостаточно развита в бюджетных образовательных учреждениях, а также в детских домах и школах-интернатах. Таким образом, дети и подростки не охвачены ортодонтической помощью в полной мере, что оказывает влияние на дальнейший рост и тяжесть стоматологической заболеваемости. Следовательно, важность превентивной ортодонтической помощи учащимся бюджетных образовательных учреждений и воспитанникам детских домов и школ-интернатов очевидна» [9].

В связи с неуклонным и неизбежным ростом распространенности зубочелюстных аномалий, очевидно, что потребность в этом виде медицинской помощи будет постоянно расти. Это требует пересмотра принципов организации ортодонтической помощи, в первую очередь, детскому населению.

Согласно Приказу Министерства здравоохранения Российской Федерации от 13 ноября 2012 г. №910н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи детям со стоматологическими заболеваниями» Приложению № 8 в детской стоматологической поликлинике врача-ортодонта должно быть 1 на 5 врачей детских стоматологов [1].

Согласно отчету «Анализ рынка стоматологических услуг в России в 2016–2020 годах», в 2020 году количество посещений детских ортодентов в России сократилось. Пандемия SARS-CoV-2 стала основной причиной приостановки работы детских ортодентов. На данный период в их работу входило оказание неотложной медицинской помощи, а также прием пациентов с целью снятия ортодонтической аппаратуры по причине острой боли. В июне 2020 года Правительство Российской Федерации возобновило оказание ортодонтической помощи в полном объеме на основании санитарно-гигиенических мер, предписанных Роспотребнадзором, что позволило избежать кризиса в стоматологической отрасли.

Динамика посещений детского ортодонта в России с 2018 по 2020 год показана на рисунке 1.

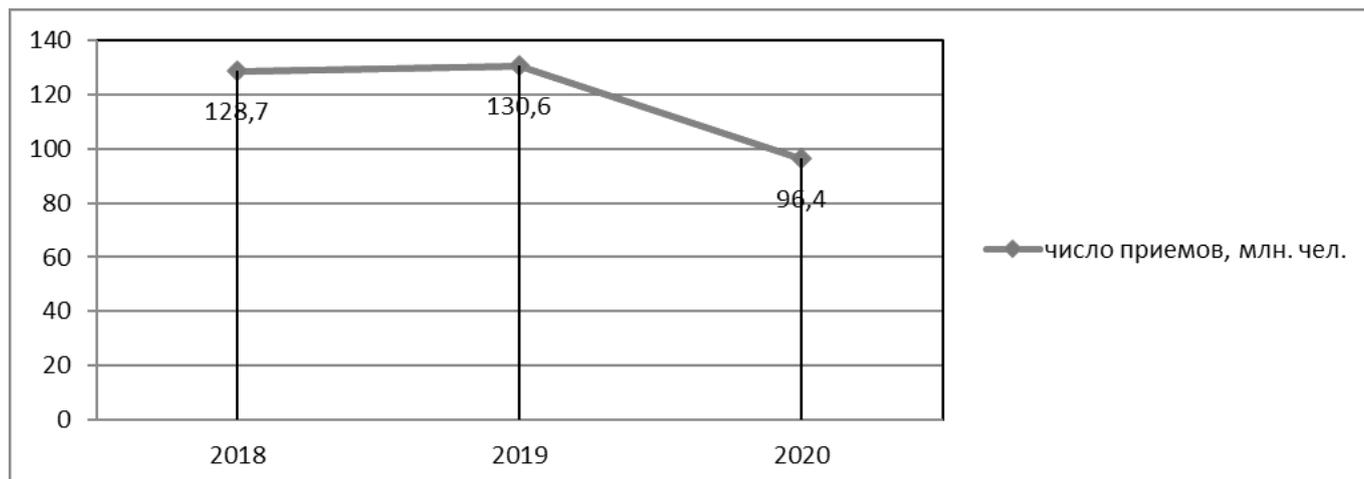


Рис. 1. Динамика посещений детского ортодонта в России с 2018 по 2020 год

Таким образом, динамика посещений ортодентов в России с 2018 по 2020 снизилась на 35,48%.

Обеспеченность детского населения ортодонтами в Москве не соответствует стандартам, тем самым наблюдается неравномерная загрузка этих специалистов на приеме.

Так, в период с 2020 по 2021 год только треть учащихся в бюджетных образовательных учреждениях и воспитанников из детских домов и школ-интернатов были охвачены мерами по профилактике зубочелюстных аномалий, в связи с ситуацией в мире, а именно с пандемией SARS-CoV-2. На основании программы обязательного медицинского страхования профилактика развития зубочелюстных аномалий у учащихся в бюджетных образовательных учреждениях и детских домах и школ интернатов и их лечение являются неполными.

К основным проблемам оказания ортодонтической помощи детям и подросткам в Москве относятся: нехватка специалистов, а также ограниченность ортодентов в государственных структурах программами ОМС [7].

При низкой доступности ортодентов среди населения трудно ожидать положительной динамики развития данной сферы. Это обстоятельство накладывает сложности на разработку программ по совершенствованию ортодонтической помощи учащимся бюджетных образовательных учреждений и воспитанникам детских домов и школ-интернатов города Москвы.

Проведем сравнительную характеристику среди учащихся бюджетных образовательных учреждений

и воспитанников детских домов и школ-интернатов Москвы.

Стоматологическое обследование проводилось среди двух групп обследуемых: учащихся бюджетных образовательных учреждений и воспитанников детских домов и школ-интернатов в возрасте от 7 до 12 лет.

Критериями оценки были: степень кариозных поражений, необходимость терапевтического лечения и необходимость ортодонтического лечения.

Результат стоматологического обследования среди учащихся бюджетных образовательных учреждений и воспитанников детских домов и школ-интернатов Москвы показан на рисунке 2.

Подводя итоги стоматологического обследования, пришли к выводу, что 64 учащихся бюджетных образовательных учреждений были здоровы. Первая и вторая степени активности кариеса были выявлены у 15 детей, третья степень — у 8 детей. Нуждались в терапевтическом лечении 38 детей, а в ортодонтическом лечении нуждались 14 человек, при этом 18 человек ранее проходили лечение у ортодонта и получили рекомендации о необходимости повторного ортодонтического лечения.

Только 15 воспитанников детских домов и интернатов были здоровы. Первая степень активности кариеса была выявлена у 54 детей, вторая степень активности кариеса у 38, а третья — у 11. Нуждались в терапевтическом лечении 103 ребенка, 50 человек нуждались в ортодонтическом лечении. Надо отметить, что ни один из них не проходил ранее лечение у ортодонта и не получал рекомендаций о необходимости ортодонтического лечения.

Таблица 1. Результат опросника среди учащихся бюджетных образовательных учреждений и воспитанников детских домов и школ-интернатов Москвы

Вопросы	Учащиеся бюджетных образовательных учреждений		Воспитанники детских домов и школ-интернатов	
	да	нет	да	нет
1. Будете ли вы следовать всем рекомендациям ортодонта?	103	15	46	72
2. Ваше отношение к ортодонтическому лечению негативно? (да, нет)	79	39	98	20
3. Если вы уже начали ортодонтическое лечение, завершили ли вы его? (да, нет)	11	3	-	-

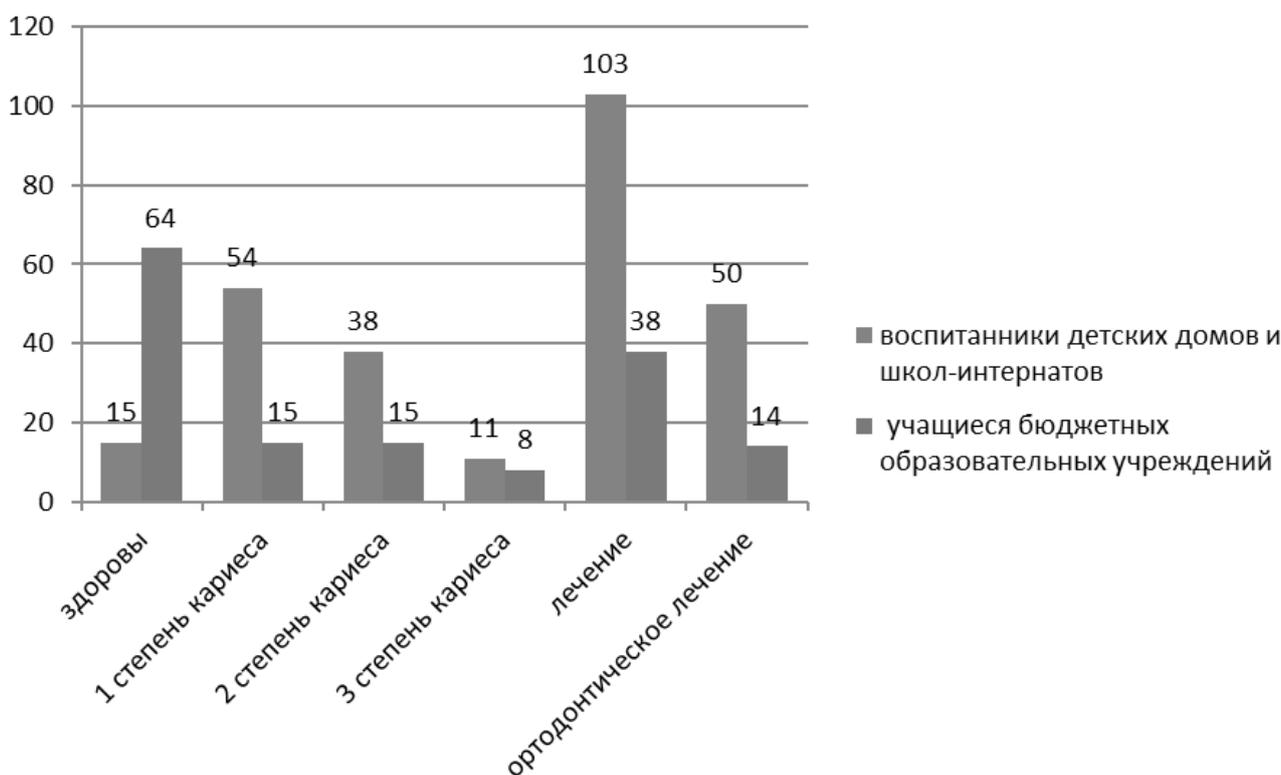


Рис. 2. Результат стоматологического обследования среди учащихся бюджетных образовательных учреждений и воспитанников детских домов и школ-интернатов Москвы

По результатам стоматологического обследования можно сделать следующие выводы: большинство воспитанников детских домов и школ-интернатов нуждаются в лечении заболеваний полости рта и ортодонтическом лечении, в отличие от учащихся бюджетных образовательных учреждений. В связи с этим необходимо постоянно проводить стоматологическое обследование

детей и повышать доступность программ профилактики заболеваний полости рта.

Помимо обследования было проведено анкетирование с использованием опросника «Отношение к ортодонтическому лечению», основными вопросами которого были:

1. Будете ли вы следовать всем рекомендациям ортодонта? (да, нет)
2. Ваше отношение к ортодонтическому лечению негативно? (да, нет)
3. Если вы уже начали ортодонтическое лечение, завершили ли вы его? (да, нет)

Результат опросника среди учащихся бюджетных образовательных учреждений и воспитанников детских домов и школ-интернатов Москвы представлен в таблице 1.

Было установлено, что мотивация учащихся бюджетных образовательных учреждений воспитанников детских домов и школ-интернатов Москвы к ортодонтическому лечению низкая.

103 учащихся бюджетных образовательных учреждений готовы выполнять все рекомендации врача-ортодонта, 39 учащихся негативно относятся к лечению. Ортодонтическое лечение прервали 3 учащихся, что свидетельствует о недостаточной осведомленности о важности ортодонтического лечения.

Только 46 воспитанников детских домов и школ-интернатов готовы следовать всем рекомендациям врача-ортодонта, при этом большинство относится к ортодонтическому лечению негативно.

Проведя анализ стоматологического обследования и анкетирования «Отношение к ортодонтическому ле-

чению» среди учащихся бюджетных образовательных учреждений и воспитанников детских домов и школ-интернатов Москвы, пришли к выводу, что состояние здоровья полости рта учащихся бюджетных образовательных учреждений выше, чем у воспитанников детских домов и школ-интернатов. За ортодонтической помощью чаще обращаются дети и подростки из группы учащихся бюджетных образовательных учреждений города Москвы, в то время как воспитанники детских домов и школ-интернатов такой помощи не получают.

Учащимся бюджетных образовательных учреждений Москвы необходимо организовать дополнительную информационную рассылку о профилактике стоматологических заболеваний полости рта и важности оказания ортодонтической помощи, например, при помощи социальных сетей.

Обследование полости рта воспитанников детских домов и школ-интернатов на наличие стоматологических заболеваний практически не проводится, плохое гигиеническое состояние полости рта и, как следствие, высокая заболеваемость кариесом зубов, заболеваниями тканей пародонта, преждевременное удаление зубов повышают риск развития зубочелюстных аномалий, а значит повышают потребность в ортодонтическом лечении. Для обеспечения здоровья полости рта у детей, воспитывающихся в детских домах и школах-интернатах, необходимы комплексные и централизованные программы профилактики в области охраны здоровья полости рта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации № 910н от 13 ноября 2012 года «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи детям со стоматологическими заболеваниями» с изменениями и дополнениями от 21 февраля 2020 года.
2. Альбицкий В.Ю. Результаты комплексной клинико-социальной характеристики детей-сирот, состоящих на учете в детских домах и школ-интернатов / В.Ю. Альбицкий, Т.А. Гасилова, А.И. Ибрагимов // Российский педиатрический журнал. — 2016. — № 5.
3. Березовский И.В. Комплексное изучение состояния здоровья воспитанников в детских домах и школ-интернатов и его зависимости от социальных факторов: автореф. дис. кандидат медицинских наук / Березовский И.В. — Тверь, 2015.
4. Гаджиев С.А. Стоматология и здоровье подрастающего поколения / С.А. Гаджиев // Детская стоматология. — 2020. — № 1–2.
5. Дубинский Р.А. Организация работы по повышению уровня здоровья в детских группах / Р.А. Дубинский, В.П. Боряк, М.И. Павлюк, Л.В. Михайленко // Педиатрия. — 2017. — № 4.
6. Еловинова А.Н. Этиология зубочелюстных аномалий у детей // Профилактика и лечение основных стоматологических заболеваний. — Ижевск, 2020.
7. Зурабов М.Ю. Государственный доклад о состоянии здоровья населения Российской Федерации в 2001 году / М.Ю. Зурабов // Здравоохранение Российской Федерации. — 2003. — № 3.
8. Казберюк Н.А. Эпидемиологический мониторинг и прогнозирование состояния здоровья воспитанников в детских домах и школ-интернатов: автореф. дис. кандидат медицинских наук / Н.А. Казберюк. — Санкт-Петербург, 2018.
9. Колесникова Л.Р. Медико-организационные подходы к совершенствованию стоматологической помощи воспитанников в детских домах и школ-интернатов: Автореферат. дис. кандидат медицинских наук: 14.00.33. Хабаровск, 2018.
10. Кононова С.Р. Формирование и развитие системы государственной поддержки детей-сирот в Российской Федерации / С.Р. Кононова // Бюл. Научно-исследовательский институт социальной гигиены, экономики и управления здравоохранением им. Н.А. Семашко. — 2017. — № 2 (41).
11. Методы первичной профилактики зубочелюстных аномалий применяемые в лечебно-профилактических учреждениях РФ. В соавт. с И.В. Гуненковой, А.Ю. Пеховым, Т.Н. Новиковой, Н.В. Антиповой // Стоматология, — 2015. — №4.

12. Хорошилкина Ф.Я. Красивая улыбка и красивая осанка — радость для каждого человека и его близких / Ф.Я. Хорошилкина, Л.П. Набатчикова // Стоматология для всех. — 2018. — № 3.
13. Филькин О.М. Современные аспекты формирования здоровья воспитанников в детских домах и школах интернат / О.М. Филькин, Е.А. Воробьева, С.Р. Конова, Т.С. Абросимова// Педиатрия. — 2018. — № 3.
14. Шарапова О.В. Дети — наше будущее / О.В. Шарапова // Медицинская помощь. — 2020. — № 6.

© Арсюкова Ольга Константиновна (Bond19792@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Первый МГМУ им. И.М. Сеченова

СТРУКТУРА ПАТОЛОГИИ ПОЛОСТИ РТА У ДЕТЕЙ, ОБРАТИВШИХСЯ ЗА СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ ПОМОЩЬЮ В ПЕРИОДЕ ВРЕМЕННОГО ПРИКУСА

THE STRUCTURE OF THE PATHOLOGY OF THE ORAL CAVITY IN CHILDREN WHO SOUGHT DENTAL CARE DURING OF OCCLUSION IN PRIMARY DENTITION

**F. Ayupova
V. Volovuev
Zh. Sobirova**

Summary. Retrospective analysis of medical records of a dental patient (form No. 043-U) in 115 children aged 3 to 6 years that were treated in the Clinic of the FSBEI HE «Kuban State Medical University» of the Ministry of Health Care of the Russian Federation, was carried out. 77.39% of children had carious lesions, and “carious lesion” index was 4.26. Signs of mild local catarrhal gingivitis were found in 22.6%. The level of oral hygiene in the examined group was 1.78 (average value), which corresponds to the satisfactory level. 22.61% of children had dental anomalies, 55.65% of children had dentition anomalies, 57.39% of children had occlusion anomalies. In 41.74% of children temporary teeth were removed due to complicated caries. Anomalies of the frenulum of the lips and tongue were found in 17.39% of 115 children.

Keywords: pathology of the oral cavity, caries, dental anomalies, children.

Аюпова Фарида Сагитовна

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный медицинский университет»
Минздрава России, г. Краснодар
farida.sag@mail.ru

Волбуев Владимир Викторович

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный медицинский университет»
Минздрава России, г. Краснодар
vladimir.volobueff@yandex.ru

Собирова Жанна Викторовна

Ассистент, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный
медицинский университет» Минздрава России,
г. Краснодар
plotnikova100@yandex.ru

Аннотация. Проведён ретроспективный анализ медицинских карт стоматологического больного (формы № 043-У) 115 детей в возрасте от 3 до 6 лет, получающих лечение в Клинике ФГБОУ ВО КубГМУ МЗ РФ. 77,39% детей имели кариозные поражения, а индекс «кп» составил 4,26. У 22,6% выявлены признаки локального катарального гингивита легкой степени тяжести. Уровень гигиены полости рта в обследованной группе составил 1,78 (среднее значение), что соответствует удовлетворительному уровню. 22,61% детей имели аномалии положения зубов, 55,65% детей — аномалии зубных рядов, 57,39% детей — аномалии окклюзии. У 41,74% детей были удалены временные зубы по причине осложнений кариеса. Аномалии уздечек губ и языка были выявлены у 17,39% из 115 детей.

Ключевые слова: патология полости рта, кариес, зубочелюстные аномалии, дети.

Актуальность

Результаты многочисленных исследований указывают на высокую распространённость стоматологической патологии у детей [1,2]. Так, распространённость кариеса временных зубов у детей трех лет достигает 60%, при среднем показателе интенсивности — 2,3–4,8 [3,4]. А к 6-летнему возрасту 13,0% детей уже имеют кариес постоянных зубов и клинические признаки заболеваний пародонта [1].

Обращает на себя внимание высокая распространенность зубочелюстных аномалий (ЗЧА) у детей, проживающих в различных регионах нашей страны и за ру-

бежом [5,6]. В отдельных публикациях указывают, что частота встречаемости аномалий окклюзии зубных рядов у детей в периоде временного прикуса достигает 74,2% в возрасте 3-х лет и увеличивается до 77,1% у детей в возрасте 6 лет. У детей 4–5-летнего возраста аномалии окклюзии авторы выявили соответственно у 75,8% и 76,6% обследованных. При этом среди аномалий окклюзии чаще выявляли глубокий, открытый, дистальный прикус, реже — перекрестный и мезиальный прикус [7]. Постоянный территориальный скрининг частоты возникновения ортодонтической патологии необходим для совершенствования профилактических мероприятий на всех этапах формирования челюстно-лицевого аппарата детей и подростков [8].

Современная характеристика этиологических факторов и патогенетических механизмов формирования и развития деформаций зубочелюстной системы подчёркивает, что определенная часть этиологических факторов развития ЗЧА относятся к управляемым, при своевременном устранении и ослаблении влияния которых влияет на формирование нарушений прикуса и скелетных структур. К основным факторам, которые создают предпосылки формирования и развития ЗЧА и деформаций челюстей у детей относят раннюю потерю зубов, связанную с осложнениями кариеса [9].

Неоднократный профилактический осмотр детей, проживающих в территориях Краснодарского края, показал высокую распространённость ЗЧА. Выявлено, что распространённость ЗЧА у детей не имеет тенденции к снижению и составляет в среднем 37,0%. Наименьшая частота ЗЧА была выявлена у детей (27,5%) в раннем периоде сменного прикуса. У детей старшего возраста распространённость ЗЧА повышалась и достигала в позднем периоде сменного прикуса 40,4%, в периоде постоянного прикуса — 43,1%. У 22,3% обследованных детей ЗЧА имели сочетанный характер [10].

Высокий уровень обращаемости к врачу-ортодонту детей с ЗЧА и дефектами зубных рядов по причине ранней потери временных зубов, начиная с периода временного прикуса [11,12,13], подтверждает актуальность проблемы. Кроме этого, свой вклад в формирование ортодонтической патологии вносят аномалии мягких тканей (уздечки губ и языка) [5,14]. В этой связи, представляют интерес региональные особенности структуры патологии полости рта в периоде временного прикуса у детей, в том числе обратившихся за стоматологической помощью.

Цель исследования — провести структурный анализ патологии полости рта в периоде временного прикуса у детей Краснодарского края, обратившихся за стоматологической помощью.

Материалы и методы. Проведён ретроспективный анализ медицинских карт стоматологического больного (формы № 043-У) 115 детей в возрасте от 3 до 6 лет, получающих лечение в детском стоматологическом отделении Клиники ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России в период 2020–2021 гг. Изучены уровень гигиены (индекс Федорова-Володкиной (1971)), распространённость и интенсивность кариеса (индекс кп), встречаемость патологии пародонта (индекс РМА), виды зубочелюстных аномалий и деформаций зубных дуг при ранней потере временных зубов, аномалии формирования уздечек губ и языка и возможное сочетание патологий.

Результаты и их обсуждение

Среднее значение уровня гигиены у обследованных детей составило — 1,78 (удовлетворительная гигиена полости рта), при этом, 45,22% детей имели хороший уровень гигиены, 19,13% — удовлетворительный, 35,65% — неудовлетворительный и плохой уровень. Хотелось отметить, что у детей 3–4 лет уровень гигиены был выше, чем у детей 5–6 лет. Данный факт, скорее всего, связан с самостоятельной чисткой зубов более старшими детьми и снижением родительского контроля.

Распространённость кариеса временных зубов у детей составила 77,39%, при интенсивности процесса (индекс кп) — 4,26. В структуре индекса наблюдается преобладание компонента «к» над компонентом «п» в 2,2 раза (2,56 против 1,16). Дополнительно стоит выделить компонент «у» значением 0,54, что отражает раннюю потерю зубов вследствие осложнений кариеса.

У 26 (22,6%) пациентов имелись начальные проявления заболеваний пародонта (локальный катаральный гингивит легкой степени тяжести), что может быть связано в неудовлетворительной гигиеной полости рта.

Среди зубочелюстных аномалий, выявленных ортодонтom у детей в периоде временного прикуса, преобладали аномалии зубных дуг — сужение, укорочение, асимметрия. Так, из 115 детей, обратившихся за ортодонтической помощью в периоде временного прикуса, у 48 детей выявлено отсутствие временных зубов по причине их ранней потери, у 26 детей — аномалии положения зубов, у 64 — аномалии зубных дуг, у 66 детей — аномалии окклюзии (табл. 1). Таким образом, у одного ребёнка выявляли 1–2 и более видов зубочелюстных аномалий. По этой причине количество выявленных аномалий не совпадало с числом обследованных детей. Оказалось, что у 41,74% детей были удалены временные зубы по поводу осложнений кариеса. У 22,61% детей выявлены аномалии положения зубов, в том числе — скученность и тортопозиция резцов, в области дефектов боковых отделов зубных рядов определяли зубоальвеолярное удлинение антагонистов, наклон/смещение зубов, ограничивающих дефект. У 55,65% детей зубные ряды были сужены, укорочены, асимметричны. Как следствие, у 57,39% детей выявлены аномалии окклюзии, чаще — дистальная, глубокая, реже — перекрестная, мезиальная и открытая дизокклюзия.

Оказалось, что ЗЧА нередко имели сочетанный характер (табл. 2). У 36,52% детей аномалии положения зубов сопровождали аномалии зубных рядов, но соотношения зубных рядов не приводили к функциональным нарушениям жевания, глотания и речи.

Таблица 1. Аномалии зубных рядов и их соотношений в периоде временного прикуса

Пол	Количество, чел.	Патология зубных рядов и окклюзии			
		Удаленные временные зубы, n (%)	Аномалии положения зубов, n (%)	Аномалии зубных дуг, n (%)	Аномалии окклюзии, n (%)
Д	64	20 (31,25)	15 (23,44)	38 (59,38)	37 (57,81)
М	51	28 (54,90)	11 (21,57)	28 (54,90)	29 (56,86)
115		48 (41,74)	26 (22,61)	64 (55,65)	66 (57,3)

Таблица 2. Сочетанные зубочелюстные аномалии у детей в периоде сформированного временного прикуса

Пол	Количество, чел	Патология зубных рядов и окклюзии			
		Аномалии положения зубов и зубных дуг, n (%)	Аномалии положения зубов, зубных дуг и аномалии окклюзии в одном направлении, n (%)	Аномалии положения зубов, зубных дуг и аномалии окклюзии в двух направлениях, n (%)	Аномалии положения зубов, зубных дуг и аномалии окклюзии в трех направлениях, n (%)
Д	64	22 (34,38)	19 (29,69)	19 (29,69)	4 (6,25)
М	51	20 (39,22)	16 (31,37)	13 (25,49)	2 (3,92)
115		42 (36,52)	35 (30,43)	32 (27,83)	6 (5,22)

У 30,43% детей аномалии положения зубов и зубных рядов сочетались с аномалией окклюзии в одном направлении. К примеру, сужение верхнего зубного ряда и протрузия верхних резцов сочетались с дистальной окклюзией и приводили к нарушению функции откусывания, речи, инфантильному типу глотания. Более выраженные аномалии зубных рядов и аномалий положения зубов сочетались с аномалиями окклюзии в двух направлениях у 27,83% детей. В частности, асимметричное сужение и укорочение зубных рядов при ранней потере временных зубов приводило к нарушению окклюзии не только в сагиттальном, но и в трансверсальном направлении, а у 5,22% — и в вертикальном направлении.

Из 115 детей обследованных детей, у 18 (15,65%) были выявлены аномальные уздечки верхней губы, у 2 детей (1,74%) — короткие уздечки языка. Таким образом, частота встречаемости аномалий уздечек губ у детей с ЗЧА, обратившихся за ортодонтическим лечением в периоде сформированного временного прикуса, составила 17,39%. Наибольшее внимание привлекали уздечки верхней губы разновидностей I–IV Б и I–IV В [14], которые характеризовались меньшей протяженностью и большей толщиной. У большинства детей увеличению протяженности уздечек губ способствовала активная миотерапия, направленная одновременно и на нормализацию смыкания губ. В двух случаях (11,11%) пациентам была проведена френулотомия. Уздечки верхней губы этих детей были толстые, прикрепленные к вершине межрезцового сосочка. При попытке отвести губу

от десны, вслед за натянутой уздечкой, сосочек отодвигался вместе с побледневшим десневым краем, что расценивалось нами как потенциальный признак начинающейся рецессии десны. Дети с короткой уздечкой языка были направлены на френулотомию с последующей миогимнастикой для восстановления активности мышц языка и на логопедию для нормализации артикуляции языка при произношении звуков.

Заключение

По результатам ретроспективного анализа медицинских карт стоматологического больного (форма № 043-У) 115 детей в возрасте от 3 до 6 лет, обратившихся за стоматологическим лечением, 77,39% детей имели кариозные поражения. Индекс интенсивности кариеса составил 4,26, при этом, наблюдается преобладание компонента «к» над компонентом «п» в 2,2 раза и появление компонента «у» (значение 0,54). У 22,6% выявлены признаки локального катарального гингивита легкой степени тяжести.

Уровень гигиены полости рта в обследованной группе составил 1,78 (среднее значение), что соответствует удовлетворительному уровню. При этом, 45,22% детей имели хороший уровень гигиены, 19,13% — удовлетворительный, 35,65% — неудовлетворительный и плохой.

Ортодонтическая патология: 22,61% детей имели аномалии положения зубов, 55,65% детей — аномалии зубных рядов, 57,39% детей — аномалии окклю-

зии. У 41,74% детей были удалены временные зубы по причине осложнённого кариеса. Аномалии положения зубов, как скученность и тортопозиция резцов сочетались с сужением зубных рядов. Преждевременная потеря временных моляров и клыков приводила к асимметрии и укорочению боковых сегментов зубных рядов. В области дефектов боковых отделов зубных рядов определяли зубоальвеолярное удлинение антагонистов, наклон/смещение зубов, ограничива-

ющих дефект. Нарушения формы и размеров зубных рядов сопровождалась аномалиями окклюзии в двух (у 27,83% детей) и трёх (у 5,22% детей) направлениях.

Аномалии уздечек губ и языка были выявлены у 17,39% из 115 детей. 1,74% детей (2 из 115) с уздечками верхней губы разновидностей I–IV Б и IV В и 1,74% детей (2 из 115 детей) с короткими уздечками языка были направлены на хирургическое вмешательство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стоматологическая заболеваемость населения России / Э.М. Кузьмина, О.О. Янушевич, И.Н. Кузьмина. — М.; МГМСУ, 2019. — 304 с., ил.
2. Гуленко О.В., Волобуев В.В., Васильев Ю.А., Грачева А.С., Удина И.Г. Сравнительный анализ стоматологической заболеваемости и антиоксидантной защиты ротовой жидкости у детей расщелинами губы и/или неба и психоневрологическими расстройствами. // Российский стоматологический журнал. 2018; 4: 188–192. DOI: 10.18821/1728–2802–2018–22–4–188–192
3. Кисельникова Л.П., Кириллова Е.В. Кариес временных зубов у детей раннего возраста: проблемы и пути их решения. // Медицинский совет. 2010; 3–4: 99–102.
4. Журбенко В.А., Карлаш А.Е. Исследование распространенности и интенсивности кариеса зубов среди детей дошкольного возраста. // Региональный вестник. 2020; 5 (44): 17–19.
5. Свириденкова Е.С., Бойкова Е.И. Распространенность зубочелюстных аномалий и патологии мягких тканей у детей младшего школьного возраста. // Евразийский союз ученых. 2015; 11: 110–113.
6. Бельфер М.П., Косырева Т.Ф. Анализ распространенности патологий прикуса временных зубов в 21 веке: обзор литературы. Эндодонтия Today. 2020; 3: 55–60. DOI: 10.36377/1683–2981–2020–18–3–55–60
7. Бельфер М.Л., Косырева Т.Ф. Частота встречаемости аномалий окклюзии зубных рядов у пациентов в периоде временного прикуса. Материалы докладов XVIII международной научно-практической конференции: 21 век: фундаментальная наука и технологии. Morrisville, North Charleston, 18–19 мая 2020 года; 2020: 35–36.
8. Восканян А.Р., Алексеенко С.Н., Аюпова Ф.С. Проблемы и перспективы оказания помощи детям с зубочелюстными аномалиями. // Медицинский вестник Северного Кавказа. 2016; 3: 452–456. DOI: 10.14300/mnnc.2016.11102
9. Ушницкий И.Д., Алексеева Т.В., Пинелис И.С., Юркевич А.В., Михальченко Д.В., Давыдов И.Е. Этиологические факторы и патогенетические механизмы формирования и развития деформаций зубочелюстной системы. // Дальневосточный медицинский журнал. 2019; 2: 94–99. DOI: 10.35177/1994–5191–2019–2–93–98
10. Восканян А.Р., Аюпова Ф.С., Зобенко В.Я., Алексеенко С.Н. Стоматологический статус и факторы риска ухудшения стоматологического здоровья по результатам профилактического осмотра детей г. Краснодара. // Стоматология детского возраста и профилактика. 2017; 4 (63): 64–69.
11. Денисова В.Ю., Карлаш А.Е., Рыжова И.П., Гонтарев С.Н., Денисов М.М., Гонтарева И.С. Частота встречаемости зубочелюстных аномалий у детей на приеме врача-ортодонта. // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017; 4: 151–154. DOI:10.12737/article_5a1f9bf66d9fa8.96196997
12. Аюпова Ф.С., Терещенко Л.Ф. Структура зубочелюстных аномалий у детей, обратившихся за ортодонтической помощью. // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». 2013; 4: 50–54.
13. Аюпова Ф.С., Терещенко Л.Ф., Восканян А.Р. Сочетанные зубочелюстные аномалии у детей, обратившихся за ортодонтической помощью. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014; 2–1: 27–31.
14. Аюпова Ф.С., Гайворонская Т.В., Алексеенко С.Н. Анатомо-функциональные разновидности уздечек губ у детей в период сменного прикуса. // Кубанский научный медицинский вестник. 2019; 6: 18–27. DOI:10.25207/1608–6228–2019–26–6–18–27

© Аюпова Фарида Сагитовна (farida.sag@mail.ru),

Волобуев Владимир Викторович (vladimir.volobueff@yandex.ru), Собирова Жанна Викторовна (plotnikova100@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСОБЕННОСТИ И МЕХАНИЗМЫ РАЗВИТИЯ ОСТЕОПОРОЗОВ В РАЗЛИЧНЫЕ ВОЗРАСТНЫЕ ПЕРИОДЫ РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕКА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

FEATURES AND MECHANISMS OF DEVELOPMENT OF OSTEOPOROSIS IN VARIOUS AGE PERIODS OF HUMAN DEVELOPMENT (LITERATURE REVIEW)

A. Hajiyev

Summary. Osteoporosis is becoming a public health problem in all countries of the world, which is associated with an increase in overall life expectancy. In this regard, we carried out a systematic literature research. A literature research was conducted at PubMed and Google Scholar for the following keywords: osteoporosis, mechanism of the developmental, and age. Based on the analysis of literature data, it seems possible to conclude that both men and women have various characteristics and mechanisms of development of osteoporosis in the age aspect.

Keywords: osteoporosis, developmental mechanism, age.

Гаджиев Акиф Гусейн оглы

*К.м.н., доцент, Азербайджанский Медицинский
Университет
kond.babaev.baku.az@mail.ru*

Аннотация. Остеопороз становится проблемой общественного здравоохранения во всех странах мира, что связано с увеличением общей продолжительности жизни. В связи с этим нами был проведен систематический поиск литературы. Поиск литературы проводился в PubMed и Google Scholar по таким ключевым словам: «остеопороз», «механизм развития» и «возраст». Исходя из анализа данных литературы, представляется возможным заключить, что как у мужчин, так и у женщин существуют различные особенности и механизмы развития остеопороза в возрастном аспекте.

Ключевые слова: остеопороз, механизм развития, возраст.

Остеопороз является медленно прогрессирующим заболеванием и становится проблемой общественного здравоохранения во всех странах мира. Инвалидность из-за перелома бедра или позвоночника — основная проблема, связанная с остеопорозом [1]. Однако большинство случаев остеопороза не диагностируется и, в связи с этим, не подвергается лечению, включая пациентов с наиболее высоким риском [2].

Остеопороз является глобальной проблемой, что, по различным оценкам, затрагивает около 200 миллионов человек во всем мире. Только в 2000 году было зарегистрировано 9 миллионов новых случаев переломов в связи с остеопорозом [3].

Как стало известно в последние годы наиболее распространенная форма клинически значимого остеопороза включает нарушение различных провоспалительных маркеров.

Существуют немодифицируемые и предотвратимые (модифицируемые) факторы риска развития остеопороза. По данным литературы немодифицируемые

факторы риска включают возраст, рост, индекс массы тела (ИМТ) и менопаузу. К модифицируемым факторам риска относят потребление кальция, воздействие достаточного количества солнечного света, курение, употребление алкоголя, кофе, поддержание здорового способа жизни (занятия физическими упражнениями), наличие основного заболевания, которое приводит к формированию остеопороза (ревматоидный артрит, системная красная волчанка и другие аутоиммунные нарушения). Также к модифицируемым факторам риска ученые относят прием стероидов, заместительную гормональную терапию.

Наиболее интересным на наш взгляд является остеопороз именно в возрастном аспекте, который является важным метаболическим заболеванием кости, характеризующимся быстрой потерей костной массы.

Цель работы

Данный систематический обзор был проведен для изучения опубликованных данных об особенностях и механизмах развития остеопороза в различные возрастные периоды развития человека.

Таблица 1. Больные хронической почечной недостаточностью

Показатели	Группы наблюдения					
	Контроль n=17	Начальная стадия, n=30	% контр.	Терминальная стадия, n=42	% контр.	% до ГД лечения
Креатин, мкмоль/л	78,9±2,2 (61,4–91,2)	318,0±14,5 (213–495)	303% P<0,001	705,7±38,4 (273–1297)	851% P<0,001	55,1% P<0,001
Мочевина, ммоль/л	6,4±0,2 (4,9–7,9)	14,1±0,7 (6,4–20,7)	119% P<0,001	21,9±0,6 (14,4–28,7)	242% P<0,001	-38,5% P<0,001
Кальций, мг%	8,74±0,06 (8,3–9,2)	8,17±0,16 (6,5–9)	-7% P<0,01	7,05±0,06 (6,3–7,8)	-20% P<0,001	-11,1% P<0,001
Фосфор, ммоль/л	1,25±0,03 (1,03–1,5)	1,78±0,06 (1,28–2,8)	42% P<0,05	2,40±0,13 (1,38–3,9)	92% P<0,001	-25,6% P<0,001
Магний, ммоль/л	0,9±0,01 (0,84–0,96)	1,04±0,01 (0,95–1,15)	16% P<0,001	1,26±0,03 (1–1,67)	40% P<0,001	-17,5% P<0,001
Паратгормон, пг/мл	39,3±1,4 (28,2–48,2)	99,4±11,6 (19,4–197,7)	152% P<0,001	348,0±25,5 (29,4–652,7)	785% P<0,001	-55,1% P<0,001
Кальцитонин, пг/мл	3,1±0,1 (2,3–4)	6,4±0,6 (1,3–14)	105% P<0,001	43,1±9,2 (0,9–380,4)	1290% P<0,001	-50,2% P<0,05
Остеокальцин, пг/мл	16,3±0,5 (13,5–19,7)	29,2±0,4 (26–34,4)	79% P<0,001	53,9±0,3 (50,6–59,4)	230% P<0,001	-37,3% P<0,001
Щелочная фосфатаза, моль/г/л	0,9 ±0,01 (0,81–1,01)	2,6±0,3 (1–6)	187% P<0,001	3,7±0,3 (1,4–7,8)	313% P<0,001	-24,0% P<0,01
Свободный оксипролин, мкг%	151,4±2,4 (135–167)	182,0,9±11,1 (90,4–325,1)	20% P<0,05	294,2±32,8 (63,7–823,7)	94% P<0,001	-33,7% P<0,01
Остеопонтин, нг/мл	157,8±3,0 (141,8–175,3)	208,6±4,6 (120,8–237,1)	32% P<0,001	346,6±4,1 (251–376,2)	120% P<0,001	-34,1% P<0,001

* ГД — гемодиализ

Материалы и методы

В данной работе принимали участие больные с хронической почечной недостаточностью, постменопаузальным остеопорозом, а также среди больных пузырчаткой, осложненной развитием глюкокортикоидного остеопороза. Пациенты были обследованы в Терапевтической Клинике и Лаборатории Клинической Биохимии Азербайджанского Медицинского университета, где также им было назначено лечение.

Пациенты с хронической почечной недостаточностью в основной группе включали 30 человек на начальной стадии, а также 42 человека на терминальной стадии болезни. Контрольная группа составила 17 лиц.

Исследуемые в постменопаузальный период в основной группе включали 18 человек с постменопаузальным остеопорозом, а также 15 женщин без постменопаузального остеопороза (группа сравнения). Контрольная группа составила 12 лиц.

Исследуемые с пузырчаткой, осложненной развитием глюкокортикоидного остеопороза в основной группе, включали 14 человек с проведенным лечени-

ем, а также 12 женщин без лечения (группа сравнения). Контрольная группа составила 8 лиц.

Для оценки состояния минерального обмена в крови всех лиц, вошедших в исследование, были определены уровни следующих биомаркеров (креатин, мкмоль/л; мочевина, ммоль/л; кальций, мг%; фосфор, ммоль/л; магний, ммоль/л; паратгормон (ПТГ), пг/мл; кальцитонин (КТ), пг/мл; остеокальцин (ОКЦ), пг/мл; щелочная фосфатаза (ЩФ), моль/г/л; свободный оксипролин, мкг%; остеопонтин (ОПН), нг/мл).

Оценка приведенных выше показателей осуществлялась с использованием иммуноферментного анализа, который, в свою очередь, проводился на микрострипповом фотометре STAT FAX 303 Plus (США). Также были задействованы наборы реактивов (производство компании "BIOSOURCE" (Бельгия) и "IBL" (Япония). В частности, с их помощью было определено конкретное содержание остеопонтинина и остеокальцина. Для установления активности щелочной фосфатазы использовался кинетический метод и реактивы компании немецкой «HUMAN». Концентрация свободного оксипролина в сыворотке крови, в свою очередь, определена по модифицированному методу Bergman и Loxley [13]. Все па-

Таблица 2. Больные хронической почечной недостаточностью после лечения

Показатели	Группы наблюдения					
	Контроль n=17	Начальная стадия, n=30	% контр.	Терминальная стадия, n=42	% контр.	% до конс. лечения
Креатин, мкмоль/л	78,9±2,2 (61,4–91,2)	164,5±9,6 (61–239)	108,5% P<0,001	337,1±17,8 (147–497)	327,1% P<0,001	-48,3% P<0,001
Мочевина, ммоль/л	6,4±0,2 (4,9–7,9)	9,9±0,7 (3,5–16,7)	54,2% P<0,001	13,5±0,5 (5,1–20,4)	110,3% P<0,001	-29,7% P<0,001
Кальций, мг%	8,74±0,06 (8,3–9,2)	8,44±0,11 (7,16–9,34)	-3,5%	7,83±0,17 (5,64–9,2)	-10,4% P<0,01	-3,2% н/д
Фосфор, ммоль/л	1,25±0,03 (1,03–1,5)	1,48±0,05 (1,16–2,18)	18,4% P<0,01	1,79±0,04 (1,4–2,5)	42,9% P<0,001	-16,7% P<0,001
Магний, ммоль/л	0,90±0,01 (0,84–0,96)	0,99±0,02 (0,83–1,13)	9,3% P<0,01	1,04±0,01 (0,91–1,18)	15,1% P<0,001	-5,4% P<0,05
Паратгормон, пг/мл	39,3±1,4 (28,2–48,2)	53,7±5,1 (7,5–94,6)	36,5% P<0,05	156,7±13,2 (21,8–333,3)	300,3% P<0,001	-45,0% P<0,001
Кальцитонин, пг/мл	3,1±0,1 (2,3–4)	4,6±0,5 (0,1–9,8)	47,2% P<0,05	21,5±2,7 (1,2–54,6)	592,3% P<0,001	-28,7% P<0,05
Остеокальцин, пг/мл	16,3±0,5 (13,5–19,7)	21,7±0,7 (12–27)	32,7% P<0,001	33,8±1,4 (7,7–47,1)	106,7% P<0,001	-25,8% P<0,001
Щелочная фосфатаза, моль/г/л	0,9±0,01 (0,81–1,01)	1,7±0,1 (0,6–3,2)	86,1% P<0,001	2,8±0,2 (1,2–6,4)	214,2% P<0,001	-35,1% P<0,01
Своб. оксипролин, мкг%	151,4±2,4 (135–167)	165,0±9,9 (81,7–291,6)	9,0%	196,1±14,5 (32,6–536,7)	28,9% н/д	-9,4% н/д
Остеопонтин, нг/мл	157,8±3,0 (141,8–175,3)	208,6±4,6 (70–272,4)	11,8%	228,3±15,6 (13,4–368,1)	44,7% P<0,01	-15,5% P<0,05

* — конс. — консервативное лечение, своб. — свободный

Таблица 3. Больные постменопаузальным остеопорозом

Показатели	Группы наблюдения					
	Контроль n=12	Группа сравнения, n=15	% контр.	Основная группа, n=18	% контр.	% группа сравнения
Кальций, мг%	8,708±0,05 (8,5–9,1)	8,593±0,17 (7,4–9,5)	- 1,3% н/д	7,917±0,21 (6,2–9,3)	- 9,1% P<0,001	- 7,9% P<0,05
Фосфор, ммоль/л	1,278±0,4 (1,03–1,5)	1,547±0,08 (1,2–2,0)	21% P<0,05	1,705±0,08 (1,2–2,3)	33,4% P<0,001	10,3% н/д
Магний, ммоль/л	0,903±0,01 (0,84–0,96)	0,863±0,02 (0,76–0,95)	- 4,4% н/д	0,851±0,02 (0,75–1,06)	- 5,7% P<0,05	- 1,4% н/д
ПТГ, пг/мл	38,5±1,79 (28,2–48,2)	39,777±4,02 (23,4–57,2)	3,3% н/д	58,07±4,5 (32,8–85,5)	50,8% P<0,01	46% P<0,05
КТ, пг/мл	3,16±0,17 (2,3–4,0)	3,39±0,58 (1,1–6,6)	7,3% н/д	11,98±0,86 (4,8–19,1)	279,2% P<0,01	253,3% P<0,01
ОКЦ, пг/мл	16,21±0,58 (13,5–19,3)	16,34±1,54 (12,1–23,6)	0,8% н/д	21,85±1,19 (12,3–30,4)	34,8% P<0,01	33,8% P<0,01
ЩФ, моль/г/л	0,893±0,02 (0,81–1,01)	1,147±0,09 (0,8–1,8)	28,4% P<0,05	2,588±0,07 (2,2–3,1)	189,8% P<0,01	125,8% P<0,01
Свободный оксипролин, мкг%	155,4±3,0 (141–169)	162±3,79 (143–178)	4,2% н/д	208,7±11,1 (182–249)	34,0% P<0,01	28,6% P<0,01
ОПН, нг/мл	158,7±3,78 (139,5–173)	168,9±10,23 (136,6–225,6)	6,4% н/д	334,7±11,1 (267,8–409,9)	110,9% P<0,01	98,2% P<0,01

Таблица 4. Больные пузырчаткой, осложненной развитием глюкокортикоидного остеопороза

Показатели	Группы наблюдения					
	Контроль n=8	Группа сравнения, n=12	% контр.	Основная группа, n=14	% контр.	% группа сравнения
Кальций, мг%	8,712±0,11 (8,3–9,1)	6,725±0,23 (5,3–7,6)	- 22,8% P<0,001	8,257±0,25 (6,5–9,7)	- 5,2% н/д	18,6% P<0,001
Фосфор, ммоль/л	1,287±0,06 (1,06–1,5)	2,291±0,08 (1,9–2,7)	78% P<0,001	1,528±0,07 (1,2–2,0)	18,7% P<0,05	-49,9% P<0,001
Магний, ммоль/л	0,907±0,01 (0,86–0,96)	0,757±0,03 (0,61–0,96)	- 16,5% P<0,01	0,87±0,04 (0,61–1,2)	- 4,1% н/д	- 13% н/д
ПТГ, пг/мл	39,41±2,36 (29,9–47,7)	33,71±1,88 (23,3–45,6)	- 14,5% P<0,05	36,86±2,87 (24,4–46,3)	- 6,5% н/д	- 8,5% н/д
КТ, пг/мл	2,962±0,21 (2,3–3,9)	15,86±1,6 (8,6–29,1)	435,3% P<0,001	3,637±0,23 (2,6–4,4)	22,8% P<0,05	-336,0% P<0,001
ОКЦ, пг/мл	16,36±0,97 (13,5–19,7)	8,92±1,48 (3,3–20,6)	-45,5% P<0,001	14,43±1,09 (9,7–18,3)	-11,8% н/д	-38,2% P<0,01
ЩФ, моль/г/л	0,912±0,02 (0,85–1,0)	2,912±0,44 (1,3–6,7)	219,2% P<0,001	1,41±0,11 (0,9–2,1)	54,6% P<0,001	-106,5% P<0,001
Свободный оксипролин, мкг%	155,3±3,53 (141–167)	232,8±7,88 (194–279)	49,9% P<0,001	163±4,03 (149–183)	4,9% н/д	-42,8% P<0,001
ОПН, нг/мл	149,4±3,78 (139,5–169)	305,3,9±16,25 (241,8–390)	104,4% P<0,001	172±16,89 (106–243)	15,1% н/д	-77,5% P<0,001

циенты были помещены в 2 группы: до лечения и после лечения.

Для обработки статистического материала использовались стандартные методы математической и описательной статистики. Статистическая оценка материалов производилась в соответствии с целью работы при помощи

Результаты исследований

Итак, нами получены биохимические показатели, которые наиболее отчетливо отображали характеристику минерального обмена у пациентов. Указанные параметры и их значения отображены в таблице № 1.

Кроме этого, нами были изучены аналогичные данные у пациентов с хронической почечной недостаточностью после лечения. Указанные параметры и их значения отображены в таблице № 2.

Ниже рассмотрены аналогичные параметры у женщин в постменопаузе. Указанные параметры и их значения отображены в таблице № 3.

Далее изучены параметры больных пузырчаткой, осложненной развитием глюкокортикоидного остеопороза. Параметры и их значения отображены в таблице № 4.

Обсуждение результатов

Всего в ходе первичного поиска литературы было найдено 1076 опубликованных статей, после детального исследования их содержания отобрано 145. Отбор записей был сделан из 88 статей. Тридцать восемь полнотекстовых статей были оценены на предмет соответствия. Окончательное количество исследований с полным текстом, доступным для анализа, составило 7 (74 897 участников). Все исследования были перекрестного типа. Шесть исследований включали женщин до и после менопаузы, а одно исследование из Китая включало только женщин в постменопаузе. Плотность костного мозга была измерена в шести исследованиях. Возрастные диапазоны в разных исследованиях составляли 48–66 лет. Диапазон распространенности составил 15–68%. Общая распространенность составила 41,1%.

Возраст и рост являются факторами риска развития остеопороза. Эти факторы не могут быть изменены для профилактики остеопороза. Объединенная оценка постменопаузального статуса для модели с фиксированным эффектом составила 2,14 (95% ДИ = 1,83–2,46), Хи-квадрат неоднородности 2,78, $p = 0,43$; для модели со случайным эффектом объединенные оценки составили 2,14 (95% ДИ = 1,83–2,46). Это говорит о том, что у женщин в постменопаузе в 2 раза повышается риск развития остеопороза [1].

Измерение минеральной плотности кости (BMD) с использованием двойной рентгеновской абсорбциометрии (DXA) широко признано в качестве золотого стандарта диагностики остеопороза и является основным предиктором хрупких переломов.

Пожилой возраст и низкая масса тела тесно связаны с низкой BMD и повышенным риском переломов [2]. Поскольку симптоматические остеопоротические переломы позвонков связаны со значительной заболеваемостью, смертностью и расходами на здравоохранение и социальные услуги, важно, чтобы переломы позвонков были обнаружены на ранней стадии, и чтобы наиболее подходящее лечение начало проводиться как можно скорее.

Кроме этого, важным аспектом является тот факт, что относительно небольшое количество пациентов с болезненными переломами позвонков обращаются за медицинской помощью. С одной стороны, пациенты могут не знать, что их острая боль в спине связана с остеопоротическим переломом. С другой стороны, многие врачи, не имеющие опыта с такими переломами, также могут не поставить диагноз правильно.

В соответствии с данными научной литературы, в период, последующий за женской менопаузой, максимизируется угроза появления остеопороза, что обусловлено более интенсивным падением количества гормонов эстрогена. В свою очередь, это стимулирует дальнейшее развитие болезни, поскольку растет количество провоспалительных цитокинов, в частности, интерлейкина (IL)-6, фактора некроза опухоли альфа (TNF- α) и IL-1 [3].

Отметим, что провоспалительные цитокины стимулируют утрату костной ткани остеокластами. Активация последних происходит под воздействием лигандом рецептора-активатора ядерного фактора каппа-B (RANKL). Это обуславливает наступление и последующее развитие остеопороза.

В процессе резорбции кости остеокласты наблюдаются продуцирование N-терминальный тепептид цепи α коллагена I типа (NTX) и карбоксиконцевого перекрестно-связывающего тепептида коллагена I типа (CTXI) в кровотоке пациента. Однако также происходит синтезирования некоторых молекул остеобластами, демонстрирующими скорость образования костной ткани. К числу таких молекул относятся карбокситерминальный пропептид проколлагена I типа, костную специфическую щелочную фосфатазу и остеокальцин.

Тем не менее, в процессе диагностики остеопороза не задействуются костные маркеры. Однако они могут

быть полезны при оценке скорости обмена костной ткани.

В связи с этим в одной из работ 200 женщин в возрасте ≥ 50 лет и в постменопаузе, из которых 100 с остеопорозом и 100 без остеопороза (контроль) были отобраны под наблюдение квалифицированных врачей в больнице Кинг Салман и медицинском городе Кинг Фахд, Эр-Рияд, Саудовская Аравия. Сывороточный фактор некроза опухоли альфа, IL-1, IL-4, IL-6 и паратиреоидный гормон (PTH) были определены с использованием технологии Luminex xMAP. N-терминальный тепептид цепи α коллагена I типа (NTx) оценивали с помощью ELISA, 25 (OH), витамин D и остеокальцин определяли с помощью электрохемилюминесценции, сывороточный кальций и неорганический фосфат (Pi) измеряли химическим анализатором. В результате работы уровни IL-1 β , IL-6, NTx и PTH в сыворотке у женщин с остеопорозом были значительно выше, чем в контрольной группе. Хотя IL-4 и остеокальцин были значительно ниже, чем контрольные. IL-1 β и TNF- α были положительно связаны с NTx у женщин с остеопорозом. TNF- α , IL-6 и TNF- α положительно коррелировали с IL-1 в обеих группах. Наблюдалась существенная корреляция отрицательного характера между остеокальцином и IL-1 β у пациенток с диагностированным остеопорозом и женщин без проблем со здоровьем подобного рода. Полученные в результате проведенного исследования данные позволяют сделать обоснованный вывод о большом значении опосредованного цитокинами воспаления у женщин, больных остеопорозом [3].

На основании этого аргумента, представим механизмы наличия взаимодействия возраста пациенток и провоспалительных цитокинов.

Укажем два следующих механизма, благодаря которым TNF- α принимает непосредственное участие в формировании остеокластов при остеопорозе женщин постменопаузного возраста:

Механизм 1 — в данном случае, процесс осуществляется при воздействии TNF- α на стромальные клетки. Также наблюдается усиление RANKL, M-CSF и IL-, которые, в свою очередь, максимизируют дифференцировку и активацию остеокластов;

15. Механизм 2 — заключается в том, что благодаря TNF- α происходит формирование остеокластов. Это поясняется прямым стимулированием предшественника остеокластов при отсутствии стромальных клеток, обладающих повышенной чувствительностью к цитокину. Не исключено, что задействована активация трансформирующего фактора роста β [6].

Под воздействием остеокластов в зрелом возрасте происходит распад и последующая резорбция кости с помощью прикрепления к поверхности протонов, которые затем секретируются во внеклеточный компартмент. В свою очередь, формирование компартмента происходит в пространстве между поверхностью кости и остеокластом. Задачей данного секрета является солюбилизация минералов костей и последующее переваривание костного матрикса, которое осуществляется кислотными протеазами [10–12].

В процессе проведенных исследований стало очевидным, что продуцирование клетками остеобластов, индуцирующих остеокластогенез, происходит в качестве обратной реакции (ответа) на РТН. Тем не менее, необходимо особо остановиться на том, что в противовес существует определенная доказательная база, что под воздействием разных цитокинов происходит экспрессия белка-пептида, который связан с РТН/пептида в стромальных клетках селезенки и гепатоцитах. Отметим, что экспрессия осуществляется в процессе эндотоксеми [9].

Аналогичным образом нами был проведен анализ влияния провоспалительных цитокинов в возрастном аспекте на мужчин.

Цитокины играют основную роль в ремоделировании костей, при этом несколько исследований *in vitro* и на животных показывают участие воспалительных маркеров в патогенезе остеопороза. Большинство данных посвящено влиянию иммунных клеток на опосредованную остеокластами резорбцию кости. Однако провоспалительные цитокины, такие как фактор некроза опухоли альфа (TNF α), также могут приводить к повышенной резорбции кости, стимулируя выработку остеобластами провоспалительных цитокинов и RANKL. Таким образом, хроническое воспаление способствует резорбции кости, нарушая баланс активности как остеокластов, так и остеобластов. У людей повышенные провоспалительные цитокины были связаны с повышенной частотой переломов и потерей костной массы. Однако данных о маркерах воспаления и переломах у пожилых людей недостаточно. Кроме этого, большинство исследований проводилось на пожилых женщинах. В одном исследовании, в котором участвовали мужчины, изучалась связь между С-реактивным белком (СРБ) и переломами позвоночника, и сообщалось, что у мужчин в верхней трети СРБ риск перелома был на 80% выше, независимо от минеральной плотности кости [15].

Стоит также отметить, что авторы не обнаружили никакой связи между CRP и переломами, хотя CRP был включен в качестве компонента индекса воспалительной нагрузки [16, 17].

Почти 30% переломов бедра встречается у мужчин, при этом, осложнения после переломов бедра у мужчин наблюдаются чаще, чем у женщин. Чтобы всесторонне оценить факторы риска перелома бедра у пожилых мужчин, авторы провели проспективное исследование 5 994 мужчин в возрасте 65+ лет. В течение 8,6 лет у 178 мужчин случались переломы бедра. Информация о факторах риска, включая минеральную плотность шейки бедренной кости (FNBMD), была получена при базовом посещении. Модели пропорциональных рисков Кокса использовались для расчета отношения рисков с 95% доверительными интервалами. Пожилой возраст (≥ 75 лет), низкий FNBMD, курение, перелом в анамнезе, использование трициклических антидепрессантов, инфаркт миокарда или стенокардия, гипертиреоз или болезнь Паркинсона, снижение потребления белка и более низкая работоспособность были связаны с повышенным риском перелома бедра. Частота возникновения переломов бедра на 1 000 человек была наибольшей у мужчин с Т-критерием FNBMD $< -2,5$ и 4+ фактора риска, и составляла 33,4. Мужчины в возрасте ≥ 80 лет с 3+ основными сопутствующими заболеваниями испытывали перелом бедра с частотой 14,52 против 0,88 на 1 000 случаев у мужчин в возрасте < 70 лет с отсутствием сопутствующей патологией. Таким образом, пожилые мужчины с низкой FNBMD, множественными факторами риска и множественной заболеваемостью имеют высокий риск перелома бедра [15]. Также данная группа авторов сравнила полученные результаты своих исследований с результатами работ других ученых. Исследовали заключили, что переломы бедра являются наиболее разрушительным последствием остеопороза. Кроме этого, учитывая значительное увеличение продолжительности жизни у мужчин и текущие демографические тенденции, у мужчин будет расти количество переломов бедра. Эпидемиологическое исследование показало, что минеральная плотность кости, постуральная нестабильность и / или слабость четырехглавой мышцы, наличие падений в анамнезе и предшествующий перелом были факторами риска перелома бедра у мужчин.

Было также обнаружено, что использование антидепрессантов связано с повышением риска переломов позвоночника в 2,4 раза, но не связано с минеральной плотностью кости. Это может свидетельствовать о том, что некоторые антидепрессанты могут повышать риск переломов бедра за счет повышенного риска падений, связанных с седацией, ортостатической гипотензией.

Болезнь Паркинсона является вторым наиболее распространенным нейродегенеративным заболеванием среди людей старше 65 лет, и риск перелома тазобедренного сустава при данном заболевании увеличивался в три раза. Риск перелома, связанного с бо-

лезью Паркинсона, был более выраженным у мужчин, чем у женщин. Кроме того, смертность после перелома бедра была также выше у мужчин с болезнью Паркинсона по сравнению с женщинами с болезнью Паркинсона. Таким образом, мужчины с болезнью Паркинсона должны быть направлены на профилактику переломов независимо от их минеральной плотности кости.

Результаты исследований, касающиеся гипертиреоза у мужчин, согласуются с аналогичными результатами у женщин и предполагают, что гипертиреоз может иметь неблагоприятные последствия для скелета. Гипертиреоз также может ухудшить мышечную силу. Авторы в данном исследовании исследовали субклинический гипотиреоз у мужчин и не обнаружили никакой связи с переломами. Ученые также не обнаружили никакой связи между использованием препаратов щитовидной железы и переломом бедра [15].

Некоторые факторы риска, ранее идентифицированные как факторы риска у женщин, не были связаны с переломом бедра в исследовании мужчин: прием кортикостероидов, бензодиазепинов длительного действия, противосудорожных препаратов и наличие в анамнезе заболевания ревматоидным артритом. Отсутствие связи между анамнезом переломов запястья и позвоночника может быть связано с меньшим количеством мужчин с указанным анамнезом. Наличие падений в анамнезе не было связано с переломами бедра в многопараметрической модели, возможно, из-за смещения с другими факторами риска, например, с физической работоспособностью, и приемом психотропных препаратов, антидепрессантов и гипогликемических лекарств.

Обычно используемый инструмент оценки риска переломов FRAX включает употребление алкоголя в качестве фактора риска перелома.

Авторы также не обнаружили доказательств того, что материнский или отцовский анамнез любого перелома или конкретно перелома бедра был связан с переломом бедра у мужчин. Однако, насколько известно, нет доказательств того, что наследственность в отношении минеральной плотности кости и переломов различается в зависимости от пола [15, 19, 20].

Итак, у пожилых мужчин переломы бедра оказывают огромное влияние на его здоровье, именно поэтому ранняя диагностика остеопороза до возникновения переломов играет важное значение на современном этапе развития науки.

Хроническое воспаление вовлечено в патофизиологию широкого спектра состояний, включая сердеч-

но-сосудистые заболевания, сахарный диабет и многие другие.

Несмотря на связь между СРБ и переломами, об обратной связи между СРБ (устойчивым маркером системного воспаления) и минеральной плотностью кости, измеряемой с помощью DXA, в исследованиях ранее не сообщалось. Объяснение наличия меньшей связи между СРБ и МПК заключается в том, что другие факторы, такие как скелетные, так и нескелетные, способствуют возникновению переломов.

По оценкам, только на МПК приходится 1,7–7,4% риска перелома. Размер кости также влияет на прочность структуры кости. Таким образом, показатели прочности шейки бедра обратно пропорционально связаны с риском перелома бедра у пожилых женщин.

Кроме того, повышенный риск переломов, связанных с диабетом, хотя и несовместим с более высокой МПК при диабете, согласуется с более низкими показателями прочности, наблюдаемыми у диабетиков по сравнению с недиабетиками.

Авторы в заключение к данной работе предположили, что связи СРБ с индексами прочности шейки бедра будут соответствовать взаимосвязям риска СРБ-переломов (то есть, более высокие значения СРБ будут связаны с более низкими значениями индексов прочности шейки бедра, и более низкие значения прочности шейки бедра объяснят большую связь между высоким СРБ и высоким риском переломов) [18].

Данное исследование подтверждает и расширяет предыдущие исследования, в которых были обнаружены сильные связи между СРБ и риском переломов у пожилых мужчин и женщин. Это было первое исследование, показавшее, что воспаление на ранней менопаузе является основным независимым фактором риска для переломов, хотя риск переломов значительно ниже у женщин среднего возраста, чем у пожилых женщин. Исследование также проливает новый свет на характер взаимосвязи между СРБ и переломами, предполагая наличие порогового уровня СРБ для повышения риска переломов. Однако важным аспектом, полученным в данном исследовании, является также то, что повышенный риск возникновения переломов обусловлен не только наличием воспаления, но и величиной СРБ, то есть определенным пороговым уровнем [18].

Представленные данные анализа источников литературы свидетельствуют о том, что продолжение исследований в данном направлении позволит выявить в будущем важные пороговые значения определенных биохимических маркеров воспаления, что может быть

особенно важно для ранней диагностики остеопороза и предотвращения возникновения переломов у пожилых людей независимо от пола.

Вывод

Таким образом, представленные итоги проведенных исследований со всей очевидностью свидетельствуют о значительной роли цитокин-опосредованного воспаления у больных остеопорозом женского пола. Однако следует акцентировать внимание на том, что данная тема нуждается в проведении углубленных исследований, благодаря которым расширится понимание степени влияния паттерна цитокинов на обширные воспаления. Это, в свою очередь, позволит оценить связь цитокинов с метаболизмом кости.

Воспаление может играть важную роль в этиологии переломов у пожилых мужчин. Корреляции могут отражать эффекты воспаления на инвалидность и минеральную плотность кости, хотя не обнаружено связи с частотой потери костной массы. Исследование противовоспалительных путей как потенциальных терапевтических агентов может быть оправдано.

Исходя из этого, представляется возможным заключить, что как у мужчин, так и у женщин существуют различные особенности и механизмы развития остеопороза в возрастном аспекте.

Определено, что у пожилых людей переломы бедра оказывают огромное влияние на их здоровье, именно поэтому ранняя диагностика остеопороза до возник-

новения переломов играет важное значение на современном этапе развития науки.

Представленные данные анализа источников литературы свидетельствуют о том, что продолжение исследований в данном направлении позволит выявить в будущем важные пороговые значения определенных биохимических маркеров воспаления, что может быть особенно важно для ранней диагностики остеопороза и предотвращения возникновения переломов у пожилых людей независимо от пола.

Финансирование

Работа не имела финансовой поддержки.

Благодарности

В работе использовали оборудование (STAT FAX 303 PLUS и STAT FAX 1304 PLUS), принадлежащее Лаборатории Клинической Биохимии Азербайджанского Медицинского Университета.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Исследование проведено с соблюдением этических норм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Thulker J. et al. Preventable risk factors for osteoporosis in postmenopausal women: Systematic review and meta-analysis //Journal of mid-life health.— 2016.— Т. 7.— №. 3.— С. 108.
2. Yang Y. et al. Validation of an osteoporosis self-assessment tool to identify primary osteoporosis and new osteoporotic vertebral fractures in postmenopausal Chinese women in Beijing //BMC musculoskeletal disorders.— 2013.— Т. 14.— №. 1.— С. 271.
3. Al-Daghri N.M. et al. Inflammation as a contributing factor among postmenopausal Saudi women with osteoporosis //Medicine.— 2017.— Т. 96.— №. 4.
4. Schett G. Effects of inflammatory and anti-inflammatory cytokines on the bone //European journal of clinical investigation.— 2011.— Т. 41.— №. 12.— С. 1361–1366.
5. Zupan J., Jeras M., Marc J. Osteoimmunology and the influence of pro-inflammatory cytokines on osteoclasts //Biochimica medica: Biochimica medica.— 2013.— Т. 23.— №. 1.— С. 43–63.
6. Kitaura H. et al. Immunological reaction in TNF- α -mediated osteoclast formation and bone resorption in vitro and in vivo //Clinical and Developmental Immunology.— 2013.— Т. 2013.
7. Sims N.A., Martin T.J. Coupling the activities of bone formation and resorption: a multitude of signals within the basic multicellular unit //BoneKey reports.— 2014.— Т. 3.
8. Kraenzlin M.E., Meier C. Parathyroid hormone analogues in the treatment of osteoporosis //Nature Reviews Endocrinology.— 2011.— Т. 7.— №. 11.— С. 647.
9. Al-Daghri N.M. et al. Whole serum 3D LC-nESI-FTMS quantitative proteomics reveals sexual dimorphism in the milieu interieur of overweight and obese adults //Journal of proteome research.— 2014.— Т. 13.— №. 11.— С. 5094–5105.
10. Korczowska I., Lacki J.K., Hrycaj P. Influence of infliximab on cytokines network and markers of bone remodeling in rheumatoid arthritis patients //Yonsei medical journal.— 2013.— Т. 54.— №. 1.— С. 183–188.

11. Oommen A., AlZahrani I. Prevalence of osteoporosis and factors associated with osteoporosis in women above 40 years in the Northern Part of Saudi Arabia // *Int J Res Med Sci.* — 2014. — Т. 2. — №. 1. — С. 274.
12. Barbour K.E. et al. Inflammatory markers and risk of hip fracture in older white women: the study of osteoporotic fractures // *Journal of bone and mineral research.* — 2014. — Т. 29. — №. 9. — С. 2057–2064.
13. Ing S.W. et al. TNF receptors predict hip fracture risk in the WHI study and fatty acid intake does not modify this association // *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism.* — 2015. — Т. 100. — №. 9. — С. 3380–3387.
14. Cauley J.A. et al. Inflammatory markers and the risk of hip and vertebral fractures in men: the osteoporotic fractures in men (MrOS) // *Journal of Bone and Mineral Research.* — 2016. — Т. 31. — №. 12. — С. 2129–2138.
15. Dahl K. et al. High-sensitivity C-reactive protein is an independent risk factor for non-vertebral fractures in women and men: the Tromsø Study // *Bone.* — 2015. — Т. 72. — С. 65–70.
16. Cauley J.A. et al. Risk factors for hip fracture in older men: the osteoporotic fractures in men study (MrOS) // *Journal of Bone and Mineral Research.* — 2016. — Т. 31. — №. 10. — С. 1810–1819.
17. Wannamethee S.G. et al. Associations between fibrin D-dimer, markers of inflammation, incident self-reported mobility limitation, and all-cause mortality in older men // *Journal of the American Geriatrics Society.* — 2014. — Т. 62. — №. 12. — С. 2357–2362.
18. Ishii S. et al. C-reactive protein, bone strength, and nine-year fracture risk: data from the Study of Women's Health Across the Nation (SWAN) // *Journal of Bone and Mineral Research.* — 2013. — Т. 28. — №. 7. — С. 1688–1698.
19. Cauley J.A. Public health impact of osteoporosis // *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences.* — 2013. — Т. 68. — №. 10. — С. 1243–1251.
20. Kauppi M. et al. Fall-related risk factors and heel quantitative ultrasound in the assessment of hip fracture risk: a 10-year follow-up of a nationally representative adult population sample // *Osteoporosis international.* — 2014. — Т. 25. — №. 6. — С. 1685–1695.

© Гаджиев Акиф Гусейн оглы (kond.babaev.baku.az@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Азербайджанский Медицинский Университет

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ЛАПАРОСКОПИЧЕСКИХ ХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ ПРИ РАКЕ ОБОДОЧНОЙ КИШКИ

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF LAPAROSCOPIC SURGERY IN COLOR CANCER

G. Gadzhiev
V. Ionin

Summary. Today, surgery is the main treatment for colon cancer, with laparoscopic technologies being increasingly popular. The aim of this work was to study the advantages and disadvantages of the laparoscopic approach in the surgical treatment of colon cancer. The analysis of domestic and foreign literary sources available in scientific databases Elibrary, CyberLeninka, PubMed, Google Scholar is carried out. According to the analysis of literature sources, the advantages of the laparoscopic approach in comparison with the traditional open surgery are the lower volume of intraoperative blood loss, low trauma of the operation, a decrease in the severity of postoperative pain syndrome, a shorter bed-day, a lower incidence of postoperative complications, faster recovery of patients after surgery, lower cost and better cosmetic results. The disadvantages of laparoscopic operations include the longer duration of the operation compared to open interventions, the need for long training of personnel, suboptimal ergonomics, as well as physiological tremor and camera shake.

Keywords: colon cancer, surgical treatment, laparoscopy.

Гаджиев Гаджи

Аспирант, Ханты-Мансийская государственная
медицинская академия
gadgy_gadgyev@mail.ru

Ионин Владимир Петрович

Д.м.н., профессор, Ханты-Мансийская
государственная медицинская академия

Аннотация. На сегодняшний день хирургическое вмешательство является основным методом лечения рака ободочной кишки, при этом все большей популярностью пользуются лапароскопические технологии. Целью данной работы было изучить преимущества и недостатки лапароскопического доступа при хирургическом лечении рака ободочной кишки. Проведен анализ отечественных и зарубежных литературных источников, доступных в научных базах Elibrary, КиберЛенинка, PubMed, Google Scholar. Согласно анализу литературы, преимуществами лапароскопического доступа по сравнению с традиционной открытой операцией являются меньший объем интраоперационной кровопотери, малая травматичность операции, уменьшение выраженности послеоперационного болевого синдрома, меньшая продолжительность койко-дня, меньшая частота послеоперационных осложнений, более быстрое восстановление пациентов после операции, меньшая стоимость и лучшие косметические результаты. К недостаткам лапароскопических операций можно отнести большую продолжительность операции по сравнению с «открытыми» вмешательствами, необходимость длительного обучения персонала, неоптимальную эргономику, а также физиологический тремор и дрожание камеры.

Ключевые слова: рак ободочной кишки, хирургическое лечение, лапароскопия.

Рак ободочной кишки (РОК) является одной из наиболее частых локализаций рака в мире. В Российской Федерации в 2019 г распространенность РОК в общей популяции составила 7,1%, при этом за период с 2009 по 2019 гг заболеваемость увеличилась на 20,21% при среднегодовом показателе прироста 1,82% [1].

Хирургический метод является основным в лечении РОК. В последние годы при выполнении оперативных вмешательств широко применяется лапароскопический доступ. Первая лапароскопическая резекция ободочной кишки была проведена М. Jacobs в 1991 г [2]. С тех пор выполнено большое количество лапароскопических хирургических вмешательств и их результаты представлены в многочисленных исследованиях. Однако, в литературных источниках данные о частоте

послеоперационных осложнений и рецидивов, а также уровне смертности пациентов варьируются в широких пределах — 2,0–37,8% в отношении послеоперационных осложнений, 4–66,7% — для рецидивов и 0–26,5% — по уровню летальности [3–6]. Кроме того, высказываются противоречивые мнения относительно эффективности применения лапароскопических операций в определенных клинических ситуациях — у больных старшей возрастной группы, при наличии выраженной сопутствующей патологии, III–IV стадии РОК, осложненном течении заболевания, необходимости расширенных и комбинированных хирургических вмешательств [4,6]. Также, несмотря на многочисленные исследования, демонстрирующие хорошие результаты лапароскопических операций в лечении РОК, опасения хирургов вызывает риск неадекватной резекции края опухоли и объема лимфодиссекции [7].

К. Toritani et al. (2019) выполнили рандомизированное контролируемое одноцентровое исследование, в котором сравнили результаты лапароскопических и традиционных открытых операций у 66 пациентов с РОК [8]. Частота послеоперационных осложнений составила 6,1% после лапароскопической операции и 12,1% после открытой операции ($p=0,392$). Продолжительность послеоперационного пребывания существенно не различалась между группами. Показатели качества жизни пациентов, оцененные через 1, 6 и 12 мес. после операции, были выше у пациентов, перенесших лапароскопическое вмешательство. Безрецидивная и общая 5-летняя выживаемость были сопоставимы при лапароскопических и открытых операциях — 90,5% и 87,3%, соответственно ($p=0,752$), для безрецидивной выживаемости, 93,3% и 100,0%, соответственно ($p=0,543$), для общей выживаемости.

По данным J.M. Quintana et al. (2018) частота послеоперационных осложнений и повторных госпитализаций была статистически недостоверно выше среди пациентов, перенесших открытую операцию, чем среди тех, кто перенес лапароскопическое вмешательство [9].

В исследовании S. Kitano et al. (2017) 1057 пациентов с РОК были случайным образом распределены на открытую операцию ($n=528$) и лапароскопическое вмешательство ($n=529$) [10]. В послеоперационном периоде 13% пациентов, перенесших открытое хирургическое вмешательство, и 10% пациентов после лапароскопической операции имели осложнения 2–4 степени по классификации Clavien-Dindo. После открытой операции зафиксировано 2 летальных исхода, при этом среди пациентов, перенесших лапароскопическое вмешательство, летальных случаев не было. 5-летняя общая выживаемость составила 90,4% при открытой операции и 91,8% при лапароскопической операции, т.е., различия были также статистически недостоверны.

В систематическом обзоре и мета-анализе 15 исследований с общим количеством пациентов 84 172 человека, представленном D.K. Udayasiri et al. в 2020 г, была изучена частота послеоперационных грыж и спаечной кишечной непроходимости после лапароскопического и открытого хирургического лечения РОК [11]. Оказалось, что при лапароскопическом доступе частота развития данных осложнений была достоверно ниже, чем после открытой операции.

В крупных многоцентровых рандомизированных контролируемых исследованиях CLASICC [12], COLOR [13] и ALCCaS [14], а также в ряде других работ [15–19], показано, что лапароскопический доступ дает сопоставимые с открытыми операциями онкологические результаты в отношении выживаемости пациентов при

значительном улучшении ранних послеоперационных исходов.

Пациенты старшей возрастной группы, с отягощенным коморбидным фоном, составляют группу повышенного риска при выполнении хирургических вмешательств. Однако, имеются работы, свидетельствующие о лучших послеоперационных исходах лапароскопических операций по сравнению с открытыми традиционными вмешательствами в этой когорте пациентов [20–23], а также при осложненном течении заболевания [24, 25]. В то же время, G. Manseau et al. (2019) отмечают, что в большинстве исследований возраст пациентов не превышает 71 года, тогда как РОК достаточно часто встречается у лиц старше 75 лет, поэтому актуальным является изучение эффективности лапароскопических операций именно в этой возрастной группе [26].

Сложной задачей является хирургическое лечение продвинутых стадий РОК, которые, по некоторым данным, являются относительным противопоказанием для лапароскопической хирургии [27]. Данная проблема особенно актуальна, учитывая, что в нашей стране в 49,6% диагноз РОК устанавливается в 3–4 стадии [1]. Считается, что в случае необходимости выполнения расширенных операций и мультивисцеральных резекций более предпочтителен традиционный открытый доступ [28].

Следует отметить, что в литературе, главным образом, представлены результаты сравнения лапароскопических и традиционных открытых операций при левосторонней локализации рака, тогда как в лечении правостороннего РОК оптимальная хирургическая тактика еще не определена [29]. Так, среди 4997 пациентов, прооперированных с 2010 по 2019 г.г. в Германии, по поводу правостороннего РОК, лапароскопические операции выполнены лишь в 18,7% случаев [30].

Группой итальянских исследователей R. Cirocchi et al. в 2017 г представлен систематический обзор и мета-анализ 5 исследований с участием 199 пациентов, которым выполнено хирургическое лечение правостороннего РОК [31]. При сравнении результатов лапароскопических и открытых операций не выявлено различий по показателям 30-дневной послеоперационной летальности. Длина хирургического разреза, интраоперационная кровопотеря, ранняя мобилизация пациентов после операции, общая частота осложнений в 30-дневный послеоперационный период и продолжительность пребывания в стационаре были достоверно меньше при выполнении лапароскопического доступа. В то же время, продолжительность открытой операции была значительно короче. Авторы обзора обращают внимание, что лучшие результаты хирурги-

ческого лечения, достигнутые посредством лапароскопии, необходимо интерпретировать с осторожностью из-за небольшой выборки пациентов, наличия систематической ошибки отбора и, в целом, низкого уровня доказательности проанализированных исследований.

G. Di Vuono et al. (2021) выявили схожую частоту интра- и послеоперационных осложнений лапароскопической и традиционной правосторонней гемиколэктомии по поводу РОК. При этом объем лимфодиссекции был больше при лапароскопическом доступе — 23,8 против 16,6 лимфатических узлов ($p < 0,001$) [32].

Вместе с тем, C.F. Feo et al. опубликовали в 2021 г систематический обзор и мета-анализ 5 исследований с участием 318 пациентов, в котором не было выявлено существенных преимуществ лапароскопии по сравнению с открытой операцией [33]. Авторы исследования заключили, что необходимо проведение дальнейших рандомизированных контролируемых исследований в этой области.

Сравнительному анализу экономической эффективности лапароскопических и открытых операций посвящены единичные исследования. J. Mar et al. (2018) на основании данных 1591 пациента, прооперированного по поводу РОК. Было выявлено, что лапароскопические вмешательства ассоциированы с более высоким показателем QALY (Quality-adjusted life years — добавленные годы жизни с поправкой на качество) и меньшими затратами по сравнению с открытыми операциями [34].

Немаловажным преимуществом лапароскопических операций в условиях современной рыночной экономики является возможность ускоренного восстановления больных в послеоперационном периоде в соответствии с современной концепцией Fast Track Surgery [35].

Несмотря на очевидные преимущества, лапароскопические технологии имеют ряд недостатков. В частности, многие исследователи отмечают большую продолжительность лапароскопических операций по сравнению с открытыми вмешательствами. Например, В.Г. Круглов и соавт. (2019) указывают продолжительность лапароскопической операции 150 мин против 130 мин при открытой операции ($p < 0,001$) [17]. В работе J.L. Huang et al. (2015) длительность операции при лапароскопическом и открытом доступе составила 194 ± 57 минут и 177 ± 51 минут, соответственно ($p = 0,118$) [36].

В исследовании G. Di Vuono et al. (2021) среднее время лапароскопической операции было 216,3 мин, тогда как открытая операция длилась 191,5 мин ($p = 0,005$) [32].

Исследования показывают, что выполнение лапароскопической операции требует большего физического напряжения от хирурга, чем открытая операция, что связано с длительной однообразной позой и положением рук во время операции [37]. Физическая усталость оперирующего хирурга может привести к умственному истощению, повышенной раздражительности, ухудшению хирургического мышления, снижению ловкости рук и появлению тремора камеры [38]. Таким образом, получается, что результат лапароскопической операции во многом зависит от физического состояния хирурга.

В этой связи представляет интерес пилотное исследование L.J. Kuo et al. (2020), которые с помощью объективных тестов сравнили физическую утомляемость хирургов при выполнении роботизированных и лапароскопических вмешательств [39]. Авторы использовали тест на ловкость рук «Доска Пурдье» (Purdue Pegboard), а силу хвата оценивали с помощью динамометра Camry Electronic Handgrip. Было выявлено, что после лапароскопической операции существенно снижается сила захвата обеих рук хирурга, тогда как после роботизированной операции не было разницы в ловкости рук и мышечной усталости по сравнению с дооперационными показателями. Учитывая эти данные, авторы пришли к выводу, что роботизированные технологии являются более предпочтительными, по сравнению с лапароскопией, с точки зрения эргономики.

В другой работе, выполненной P.R. Armijo et al. (2019), с помощью электромиографии и анкетирования был выявлен одинаковый уровень утомляемости хирурга при выполнении первого за день хирургического вмешательства с использованием роботизированной хирургии и лапароскопической техники [40]. При этом лапароскопические операции сопровождались большим утомлением мышц предплечья, а роботизированные операции требовали напряжения мышц плеча и шеи, тем не менее, значительного мышечного утомления не выявлено ни при одной из техник. Авторы исследования предположили, что в долгосрочной перспективе у оперирующих хирургов возможно развитие профессиональных заболеваний опорно-двигательной системы, связанных с перенапряжением определенных групп мышц, однако необходимы дальнейшие исследования в этой области.

Помимо некоторых функциональных несовершенств, лапароскопические операции требуют специальной подготовки и обучения медицинского персонала. Хирург, проводящий лапароскопические операции, должен обладать определенными навыками и компетенциями. Однако, даже опытный хирург, имеющий большой опыт проведения традиционных открытых вмешательств, не может сразу приступить к выпол-

нению лапароскопических операций. В то же время, на сегодняшний день методика обучения лапароскопическим технологиям не совершенна. В большинстве случаев она заключается в повторении действий более опытных хирургов при проведении лапароскопических вмешательств, что является малоэффективным. Кроме того, отсутствуют объективные критерии готовности хирурга к выполнению лапароскопической операции [41].

Таким образом, можно выделить следующие преимущества лапароскопического доступа по сравнению с традиционной лапаротомией при хирургическом лечении РОК: меньший объем интраоперационной кровопотери, малая травматичность операции, уменьшение выраженности послеоперационного болевого синдрома, меньшая продолжительность койко-дня, мень-

шая частота послеоперационных осложнений, более быстрое восстановление пациентов после операции, меньшая стоимость, лучшие косметические результаты.

Недостатками лапароскопических операций являются большая продолжительность операции по сравнению с «открытыми» вмешательствами, необходимость длительного обучения персонала, неоптимальная эргономика, физиологический тремор и дрожание камеры.

Учитывая противоречивость представленных в литературных источниках данных об эффективности лапароскопического доступа при хирургическом лечении РОК, особенно в отношении правосторонних гемиколэктомий, необходимо дальнейшее изучение указанной проблемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Злокачественные новообразования в России в 2019 году (заболеваемость и смертность)/под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, А.О. Шахзадовой. — М.: МНИОИ им. П.А. Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2020. — 252 с.
2. Jacobs, M. Goldstein H.S. Minimally invasive colon resection (laparoscopic colectomy) / M. Jacobs, J.C. Verdeja // Surg. Laparosc. Endosc. — 1991. — Vol.1. — № 3. — P. 144–150.
3. Калининченко, А.Ю. Лапароскопическая хирургия рака ободочной кишки / А.Ю. Калининченко, З.Б. Халилов, Р.Х. Азимов, И.С. Пантелеева, Ф.С. Курбанов // Хирургия. — 2017. — № 7. — С. 14–17.
4. Карачун, А.М. Место лапароскопических операций при раке ободочной и прямой кишок / А.М. Карачун, А.С. Петров, Д.В. Самсонов, А.А. Петрова // Практическая онкология. — 2012. — Т. 13. — № 4. — С. 261–268.
5. Hur, H. Characteristics and Survival of Korean Patients With Colorectal Cancer Based on Data From the Korea Central Cancer Registry Data / H. Hur, C.M. Oh, Y.J. Won, J.H. Oh, N.K. Kim // Ann Coloproctol. — 2018. — Vol.34. — № 4. — P. 212–221. doi: 10.3393/ac.2018.08.02.1.
6. Verkuijl, S.J. Functional outcomes of surgery for colon cancer: A systematic review and meta-analysis / S.J. Verkuijl, J.E. Jonker, M. Trzpis, J.G.M. Burgerhof, P.M.A. Broens, E.J.B. Furnée // Eur J Surg Oncol. — 2021. — Vol.47. — № 5. — P. 960–969. doi: 10.1016/j.ejso.2020.11.136.
7. Franklin, B.R. Laparoscopy for Colon Cancer / B.R. Franklin, M.P. McNally // Clin Colon Rectal Surg. — 2017. — Vol.30. — № 2. — P. 99–103. doi: 10.1055/s-0036-1597317.
8. Toritani, K. Randomized controlled trial to evaluate laparoscopic versus open surgery in transverse and descending colon cancer patients / K. Toritani, J. Watanabe, K. Nakagawa, Y. Suwa, H. Suwa, A. Ishibe, M. Ota, S. Fujii, C. Kunisaki, I. Endo // Int J Colorectal Dis. — 2019. — Vol.34. — № 7. — P. 1211–1220. doi: 10.1007/s00384-019-03305-2
9. Quintana, J.M. Outcomes of open versus laparoscopic surgery in patients with colon cancer / J.M. Quintana, A. Antón-Ladislá, N. González, S. Lázaro, M. Baré, N. Fernández de Larrea, M. Redondo, E. Briones, A. Escobar, C. Sarasqueta, S. García-Gutierrez // Eur J Surg Oncol. — 2018. — Vol.44. — № 9. — P. 1344–1353. doi: 10.1016/j.ejso.2018.05.030
10. Kitano, S. Survival outcomes following laparoscopic versus open D3 dissection for stage II or III colon cancer (JCOG0404): a phase 3, randomised controlled trial / S. Kitano, M. Inomata, J. Mizusawa, H. Katayama, M. Watanabe, S. Yamamoto, M. Ito, S. Saito, S. Fujii, F. Konishi, Y. Saida, H. Hasegawa, T. Akagi, K. Sugihara, T. Yamaguchi, T. Masaki, Y. Fukunaga, K. Murata, M. Okajima, Y. Moriya, Y. Shimada // Lancet Gastroenterol Hepatol. — 2017. — Vol.2. — № 4. — P. 261–268. doi: 10.1016/S2468-1253(16)30207-2
11. Udayasiri, D.K. Laparoscopic Compared With Open Resection for Colorectal Cancer and Long-term Incidence of Adhesional Intestinal Obstruction and Incisional Hernia: A Systematic Review and Meta-analysis / D.K. Udayasiri, A. Skandarajah, I.P. Hayes // Dis Colon Rectum. — 2020. — Vol.63. — № 1. — P. 101–112. doi: 10.1097/DCR.0000000000001540
12. Green, B.L. Long-term follow-up of the Medical Research Council CLASICC trial of conventional versus laparoscopically assisted resection in colorectal cancer / B.L. Green, H.C. Marshall, F. Collinson, P. Quirke, P. Guillou, D.G. Jayne, J.M. Brown // Br J Surg. — 2013. — Vol.100. — № 1. — P. 75–82. doi: 10.1002/bjs.8945.
13. Buunen, M. Survival after laparoscopic surgery versus open surgery for colon cancer: long-term outcome of a randomised clinical trial / M. Buunen, R. Veldkamp, W.C. Hop, E. Kuhry, J. Jeekel, E. Haglund, L. Pahlman, M.A. Cuesta, S. Msika, M. Morino, A. Lacy, H.J. Bonjer // Lancet Oncol. — 2009. — Vol.10. — № 1. — P. 44–52. doi: 10.1016/S1470-2045(08)70310-3.
14. Bagshaw, P.F. Long-term outcomes of the Australasian randomized clinical trial comparing laparoscopic and conventional open surgical treatments for colon cancer: the Australasian Laparoscopic Colon Cancer Study trial / P.F. Bagshaw, R.A. Allardyce, C.M. Frampton, F.A. Frizelle, P.J. Hewett, P.J. McMurrick, N.A. Rieger, J.S. Smith, M.J. Solomon, A.R. Stevenson // Ann Surg. — 2012. — Vol.256. — № 6. — P. 915–919. doi: 10.1097/SLA.0b013e3182765ff8.

15. Benz, S. Laparoscopic surgery in patients with colon cancer: a population-based analysis / S. Benz, H. Barlag, M. Gerken, A. Fürst, M. Klinkhammer-Schalke // *Surg Endosc.* — 2017. — Vol. 31. — № 6. — P. 2586–2595. doi: 10.1007/s00464-016-5266-2.
16. Sorrentino, L. Laparoscopy and survival in colon cancer: A further step beyond the non-inferiority? / L. Sorrentino, M. Cosimelli, G.M. Sampietro // *Dig Liver Dis.* — 2021. — Vol.53. — № 8. — P. 935–936. doi: 10.1016/j.dld.2021.05.008
17. Круглов, В.Г. Непосредственные и отдаленные результаты лапароскопических вмешательств у пациентов с раком ободочной кишки: опыт одного центра / В.Г. Круглов, Е.С. Дроздов, Д.Н. Костромицкий, Ю.В. Рудык, И.И. Ена, А.П. Кошель, С.В. Мазеина // *Хирургия. Журнал имени Н.И. Пирогова.* — 2019. — № 8. — С. 29–35. doi:10.17116/hirurgia201908129
18. Ringressi, M.N. Comparing laparoscopic surgery with open surgery for long-term outcomes in patients with stage I to III colon cancer / M.N. Ringressi, L. Boni, G. Freschi, S. Scaringi, G. Indennitate, I. Bartolini, P. Bechi, A. Taddei // *Surg Oncol.* — 2018. — Vol.27. — № 2. — P. 115–122. doi: 10.1016/j.suronc.2018.02.004.
19. Hakami, R. Survival and outcomes after laparoscopic versus open curative resection for colon cancer / R. Hakami, A. Alsaffar, K.A. AlKhayal, N. Arab, T. Alshammari, E.D. Almotairi, N. Alturki, S.A. Falah, N. Ali Albati, M. Hussain, M. Abdullah, N.A. Aljomah, S.A. Homoud, L. Ashari, A. Abduljabbar, F.A. Badahdah, S. Albalawi, O. Alobaid, A. Zubaidi, T.B. Traiki, N. Alsanea, F.W. Abdulfattah, A.M. Abduldaem, S. Alqahtani, R. Alharbi // *Ann Saudi Med.* — 2019. — Vol.39. — № 3. — P. 137–142. doi: 10.5144/0256-4947.2019.137.
20. Меджидов, О.А. Сравнительные результаты открытых и лапароскопических вмешательств у больных раком ободочной кишки группы высокого риска / О.А. Меджидов // *Известия Российской Военно-медицинской академии.* — 2018. — Т. 37. — № 1, S1–2. — С. 35–37.
21. Халилов, З.Б. Влияние коморбидного фона на возможность хирургического лечения больных раком ободочной кишки пожилого и старческого возраста / З.Б. Халилов, Б.М. Ниезбеков, Ф.С. Курбанов, М.А. Чиников, Р.Х. Азимов, И.С. Пантелеева // *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова.* — 2020. — № 9. — С. 43–50. doi:10.17116/hirurgia202009143
22. Saito, S. [A Case of Ascending Colon Cancer with Essential Thrombocythemia] / S. Saito, R. Yagi, M. Hirai, M. Endo, T. Kakuta, T. Naito, M. Minagawa, T. Tani, N. Shimakage // *Gan To Kagaku Ryoho.* — 2020. — Vol.47. — № 13. — P. 2323–2325. Japanese.
23. Ngu, J.C. Minimally invasive surgery in the geriatric patient with colon cancer / J.C. Ngu, L.J. Kuo, N.Z. Teo // *J Gastrointest Oncol.* — 2020. — Vol.11. — № 3. — P. 540–544. doi: 10.21037/jgo.2020.02.02.
24. Глушков, Н.И. Пути улучшения непосредственных результатов лечения осложненного рака ободочной кишки у больных пожилого и старческого возраста / Н.И. Глушков, К.В. Павелец, Т.Л. Горшенин, М.Ю. Лобанов, Ю.С. Шишликова // *Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова.* — 2019. — Т. 11. — № 1. — С. 21.
25. Otani, K. Colon cancer with perforation / K. Otani, K. Kawai, K. Hata, T. Tanaka, T. Nishikawa, K. Sasaki, M. Kaneko, K. Murono, S. Emoto, H. Nozawa // *Surg Today.* — 2019. — Vol. 49. — № 1. — P. 15–20. doi: 10.1007/s00595-018-1661-8.
26. Manceau, G. Multicenter phase III randomized trial comparing laparoscopy and laparotomy for colon cancer surgery in patients older than 75 years: the CELL study, a Fédération de Recherche en Chirurgie (FRENCH) trial / G. Manceau, A. Brouquet, P. Chaibi, G. Passot, O. Bouché, M. Mathonnet, J.M. Regimbeau, R. Lo Dico, J.H. Lefèvre, F. Peschaud, O. Facy, E. Volpin, E. Chouillard, L. Beyert-Berjot, M. Verny, M. Karoui, S. Benoist // *BMC Cancer.* — 2019. — Vol. 19. — № 1. — P. 1185. doi: 10.1186/s12885-019-6376-8
27. Klaver, C.E.L. Laparoscopic surgery for T4 colon cancer: a systematic review and meta-analysis / C.E.L. Klaver, T.M. Kappen, W.A.A. Borstlap, W.A. Bemelman, P.J. Tanis // *Surg Endosc.* — 2017. — Vol. 31. — № 12. — P. 4902–4912. doi: 10.1007/s00464-017-5544-7.
28. National Comprehensive Cancer Network (NCCN). Colon Cancer Guidelines, version 2. 2016 / Fort Washington: National Comprehensive Cancer Network (NCCN), 2016.
29. Fabozzi, M. Surgical approach to right colon cancer: From open technique to robot. State of art / M. Fabozzi, P. Cirillo, F. Corcione // *World J Gastrointest Surg.* — 2016. — Vol.8. — № 8. — P. 564–573. doi: 10.4240/wjgs.v8.i8.564
30. Jurowich, C. Laparoscopic versus open right hemicolectomy in colon carcinoma: A propensity score analysis of the DGAV StuDoQ(ColonCancer registry / C. Jurowich, S. Lichthardt, C. Kastner, I. Haubitz, A. Prock, J. Filser, C.T. Germer, A. Wiegner // *PLoS One.* — 2019. — Vol.14. — № 6. — e0218829. doi: 10.1371/journal.pone.0218829.
31. Cirocchi, R. Laparoscopic versus open colectomy for obstructing right colon cancer: A systematic review and meta-analysis / R. Cirocchi, F. Cesare Campanile, S. Di Saverio, G. Popivanov, L. Carlini, D. Pironi, R. Tabola, N. Vettoretto // *J Visc Surg.* — 2017. — Vol.154. — № 6. — P. 387–399. doi: 10.1016/j.jvisurg.2017.09.002.
32. Di Buono, G. Feasibility and Safety of Laparoscopic Complete Mesocolic Excision (CME) for Right-sided Colon Cancer: Short-term Outcomes. A Randomized Clinical Study / G. Di Buono, S. Buscemi, G. Cocorullo, V. Sorce, G. Amato, G. Bonventre, E. Maienza, M. Galia, L. Gulotta, G. Romano, A. Agrusa // *Ann Surg.* — 2021. — Vol.274. — № 1. — P. 57–62. doi: 10.1097/SLA.0000000000004557.
33. Feo, C.F. Laparoscopic versus Open Transverse-Incision Approach for Right Hemicolectomy: A Systematic Review and Meta-Analysis / C.F. Feo, P. Paliogiannis, A. Fancellu, A. Zinellu, G.C. Ginesu, C.V. Feo, A. Porcu // *Medicina (Kaunas).* — 2021. — Vol.57. — № 1. — P. 80. doi: 10.3390/medicina57010080.
34. Mar, J. Cost-effectiveness analysis of laparoscopic versus open surgery in colon cancer / J. Mar, A. Anton-Ladislao, O. Ibarrodo, A. Arrospeide, S. Lázaro, N. Gonzalez, M. Bare, D. Callejo, M. Redondo, J.M. Quintana // *Surg Endosc.* — 2018. — Vol.32. — № 12. — P. 4912–4922. doi: 10.1007/s00464-018-6250-9
35. Негардинов, А.З. Сравнительный анализ результатов радикального хирургического лечения пациентов с раком левой половины ободочной и прямой кишки при лапароскопическом и открытом способах оперативного вмешательства в рамках Fast Track Surgery / А.З. Негардинов, А.В. Кочатков // *Онкология. Журнал им. П.А. Герцена.* — 2020. — Т. 9. — № 4. — С. 11–17. doi 10.17116/onkolog2020904111
36. Huang, J.L. Comparison of laparoscopic versus open complete mesocolic excision for right colon cancer / J.L. Huang, H.B. Wei, J.F. Fang, Z.H. Zheng, T.F. Chen, B. Wei, Y. Huang, J.P. Liu // *Int J Surg.* — 2015. — Vol. 23(Pt A). — P. 12–17. doi: 10.1016/j.ijsu.2015.08.037.

37. Berguer, R. Performing laparoscopic surgery is significantly more stressful for the surgeon than open surgery / R. Berguer, W.D. Smith, Y.H. Chung // *Surg Endosc.* — 2001. — Vol. 15. — № 10. — P. 1204–7. doi: 10.1007/s004640080030
38. Grissinger, M. An exhausted workforce increases the risk of errors / M. Grissinger // *PT.* — 2009. — Vol.34. — № 3. — P. 120–123.
39. Kuo, L.J. A pilot study comparing ergonomics in laparoscopy and robotics: beyond anecdotes, and subjective claims / L.J. Kuo, J.C. Ngu, Y.K. Lin, C.C. Chen, Y.H. Tang // *J Surg Case Rep.* — 2020. — Vol.2020. — № 2. — rjaa005. doi: 10.1093/jscr/rjaa005.
40. Armijo, P.R. Ergonomics of minimally invasive surgery: an analysis of muscle effort and fatigue in the operating room between laparoscopic and robotic surgery / P.R. Armijo, C.K. Huang, R. High, M. Leon, K.C. Siu, D. Oleynikov // *Surg Endosc.* — 2019. — Vol.33. — № 7. — P. 2323–2331. doi: 10.1007/s00464-018-6515-3
41. Свистунов, А. Оптимизация обучения лапароскопической хирургии в условиях центра непрерывного профессионального образования / А. Свистунов, М. Коссович, М. Васильев, Л. Шубина, Д. Грибков // *Виртуальные технологии в медицине.* — 2012. — № 1. — С. 27–34. doi:10.46594/2687-0037_2012_1_27

© Гаджиев Гаджи (gadgy_gadgyev@mail.ru), Ионин Владимир Петрович.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Ханты-Мансийск

ИНТРАОПЕРАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ МИОКАРДА ПРИ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИИ НА РАБОТАЮЩЕМ СЕРДЦЕ. КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

INTRAOPERATIVE ASSESSMENT OF MYOCARDIAL VIABILITY IN BEATING HEART REVASCULARIZATION. CLINICAL CASE

**A. Jalilov
A. Vischipanov**

Summary. Ischemic dysfunction of the left ventricle is an aggravating clinical, functional and prognostic factor in patients with various types of ischemic heart disease. Ischemic myocardial dysfunction is directly related to the concepts of reversible and irreversible dysfunction, which in turn depend on the presence of a viable myocardium in the area of dysfunction and its volume. The effectiveness of surgical revascularization of the myocardium in patients with ischemic dysfunction of the left ventricle depends on the presence of a sufficient volume of viable myocardium, as well as on the importance of damage to the coronary arteries that supply the dysfunction zone, and the "shuntability" of these arteries. Taken together, we can say that all these factors must be established before surgery to determine the tactics of treatment and predict the result.

Keywords: coronary artery bypass grafting, ischemic heart disease, myocardial viability, dysfunction.

Жалилов Адхам Кахрамонович

*К.м.н., Каршинский филиал республиканского специализированного научно-практического медицинского центра кардиологии
Jalilov_adham@mail.ru*

Вищипанов Артем Сергеевич

Д.м.н, профессор, ФГАОУ ВО «Российский Национальный Исследовательский Медицинский Университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России

Аннотация. Ишемическая дисфункция левого желудочка является отягчающим клиническим, функциональным и прогностическим фактором у пациентов с различными вариантами ИБС. Ишемическая дисфункция миокарда напрямую сопряжена с понятиями обратимой и необратимой дисфункции, которые, в свою очередь, зависят от наличия жизнеспособного миокарда в зоне нарушенной функции и его объема. Эффективность хирургической реваскуляризации миокарда у пациентов с ишемической дисфункцией левого желудочка зависит от наличия достаточного объема жизнеспособного миокарда, а также от значимости поражения коронарных артерий, которые кровоснабжают зону нарушенной функции, и «шунтабельности» этих артерий. В совокупности можно сказать, что все эти факторы должны быть установлены до хирургического вмешательства для определения тактики лечения и прогнозирования результата.

Ключевые слова: коронарное шунтирование, ИБС, жизнеспособности миокарда, дисфункции.

Введение

Хорошо известно, что современные методы визуализации миокарда, а именно стресс-эхокардиография, радионуклидные методы диагностики, в первую очередь — позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), позволяют во многих случаях верно оценить жизнеспособность миокарда. Однако, не всегда удается однозначно предсказать, у кого из пациентов с дисфункцией миокарда ответ на реваскуляризацию будет значительным, а у кого нет, даже при использовании стресс-эхокардиографии с добутамином, скинти-

графии миокарда с таллием и/или технецием, либо ПЭТ [2, 6].

По нашему мнению, использование для реваскуляризации миокарда операции на работающем сердце дает дополнительные возможности для оценки жизнеспособности миокарда в интра и самый ближайший период после реваскуляризации. В частности, в предшествующем исследовании установлено, что у пациентов с наличием обратимой ишемической дисфункции миокарда, имеет место достоверное улучшение функции ЛЖ в сроки от 6 до 48 часов после малоинвазивной

реваскуляризации миокарда (МИРМ), тогда как улучшение функции миокарда ЛЖ при операции в условиях искусственного кровообращения (ИК) чаще происходит в более поздние сроки. Авторы связывают это с тем, что малоинвазивная реваскуляризация вызывает лишь регионарную ишемию, а АКШ с пережатием аорты приводит к глобальной ишемии миокарда [1].

В данном клиническом случае мы и хотим представить больного с ишемической кардиопатией, которому при выполнении операции МИРМ интраоперационно удалось подтвердить наличие жизнеспособности миокарда в зоне выраженной дисфункции и ограничиться выполнением только реваскуляризации миокарда.

Больной Г., 54 лет, 27.08.2012г поступил в отделение хирургического лечения ИБС и малоинвазивной коронарной хирургии с жалобами на давящие боли за грудиной при минимальной физической нагрузке и в покое, сопровождающиеся слабостью и купирующиеся нитроглицерином. Болен с 21.04.2010г, когда впервые появились давящие боли за грудиной. Был госпитализирован по месту жительства с диагнозом острый инфаркт миокарда. 22.08.12 г. в отделении реабилитации больных ИБС НЦ ССХ им. А.Н. Бакулева РАМН была выполнена коронарография, на которой выявлено многососудистое поражение коронарных артерий и стеноз правой внутренней сонной артерии до 75%.

Данные объективного обследования при поступлении: общее состояние средней степени тяжести. Телосложение нормостеническое. В легких — дыхание везикулярное, проводится во все отделы, хрипов нет. Тоны сердца приглушены, ритмичные. Частота сердечных сокращений — 79 уд/мин. Артериальное давление с обеих сторон — 120/80 мм. рт. ст. Пульсация на периферических артериях сохранена, D=S. Печень не увеличена. Селезенка не пальпируется. Живот мягкий, безболезненный. Диурез адекватный.

Данные инструментального обследования до операции

Электрокардиография. Ритм синусовый, правильный с частотой сердечных сокращений 79 уд в минуту. Отклонение электрической оси сердца влево. Рубцовые постинфарктные изменения по передне-перегородочной, верхушечной области ЛЖ. Нельзя исключить наличие постинфарктной аневризмы передне-перегородочной, верхушечной области ЛЖ.

Рентгенография грудной клетки. Легочный рисунок усилен. Признаки венозного застоя по малому кругу кровообращения. Эмфизема легких. Спондилез груд-

ного отдела позвоночника. Гипертрофия миокарда ЛЖ. Кардиоторакальный индекс — 46%.

Эхокардиография. Левое предсердие — 48 мм. Левый желудочек: конечно — систолический размер (КСР) — 49 мм, конечно-диастолический размер (КДР) — 61 мм, конечно-систолический объем (КСО) — 138 мл, конечно — диастолический объем (КДО) — 213 мл, фракция выброса (ФВ) — 35%. Митральный клапан: движение створок разнонаправленное, пиковый градиент — 1,9 мм. рт. ст., регургитация до 2 ст. Диаметр восходящей аорты — 36 мм, стенки уплотнены. Аортальный клапан: трехстворчатый, створки уплотнены, раскрытие створок — 19 мм, регургитации нет. Пиковый градиент — 4,8 мм. рт. ст. Правое предсердие — 39 мм., правый желудочек — 36 мм. Расчетное давление в правом желудочке — 37 мм. рт. ст. Трикуспидальный клапан: регургитация до I ст. Зоны асинергии: акинез верхушки левого желудка с переходом на верхушечные сегменты межжелудочковой перегородки. Диффузный гипокинез (менее выраженный в области задней стенки ЛЖ на базальном и среднем уровнях). В области верхушки ЛЖ нельзя исключить тромботические наложения. Гиперэхогенные интрамуральные включения в межжелудочковую перегородку. При выполнении пробы с нитроглицерином не выявлено существенного изменения сократимости асинергичных сегментов.

Селективная коронарография. Правый тип кровоснабжения миокарда. Стеноз ствола левой коронарной артерии в д/3–35%. Передняя межжелудочковая артерия — стеноз в п/3–75–80%. Стеноз ветви тупого края (ВТК) п/3–80%. Стеноз правой коронарной артерии (ПКА) в с/3–75%, от границы с/3 и д/3 окклюзирована, постокклюзионные сегменты удовлетворительно контрастируются по внутрисистемным перетокам, визуализируется ЗМЖВ и ЗБВ ПКА.

Левая вентрикулография. Выявлен нормокинез с частичным гипокинезом переднебазального сегмента; выраженный гипокинез переднелатерального, диафрагмального сегментов; акинез с частичным дискинезом апикального сегмента; гипокинез на грани акинеза заднебазального сегмента. Данных за внутрисистемной тромбоз не получено. ФВ составила 32% по Симпсону.

Ангиография брахиоцефальных артерий. Правая общая сонная артерия в д/3 сужена до 40%; правая внутренняя сонная артерия в п/3 на протяжении сужена до 75%; левая сонная артерия без гемодинамически значимых стенозов; левая позвоночная артерия в 1-м сегменте петлевидно извита.

Ультразвуковое обследование брахиоцефальных артерий. Стеноз в области каротидной бифуркации

справа до 50% с переходом на проксимальный сегмент внутренней сонной артерии с сужением ее 70%, наружной сонной артерии — 30%.

Ультразвуковое обследование артерий нижних конечностей. Кровоток магистрального типа.

На основании данных обследования поставлен **диагноз:**

Основной. МФА. ИБС. Постинфарктный кардиосклероз (2010 г.). Ишемическая кардиопатия. Стенокардия напряжения 2ФК. НК 2А. ХСН 2 ФК по NYHA. Стеноз ВСА до 70%. Артериальная гипертензия 3ст, риск ССО 4.

Сопутствующий. Ожирение 2 ст. Хронический поверхностный гастрит, ремиссия.

С учетом выраженности ишемической дисфункции миокарда, наличием распространенных зон гипо и акинезии с дискинезом верхушечных сегментов, принято решение об интраоперационной оценке дисфункционального миокарда с визуальной и ЧПЭхоКГ оценкой ЛЖ после пуска кровотока по шунтам для определения объема операции.

31.08.2012г выполнена одномоментная операция: коротидная эндартерэктомии справа с пластикой ксеноперикардальной заплатой в условиях временного шунта, маммарокоронарное шунтирование ПМЖВ ЛКА, аортокоронарное шунтирование аутовенозным трансплантатом ВТК, ПКА и ДВ на работающем сердце.

Протокол операции. Кожный разрез справа по переднему краю *m. sternocleidomastoideus* длиной 5 см. Тупым и острым путем выделены и взяты на турникеты правая ОСА, НСА, ВСА. Артерии пережаты. Введено 5 тыс. гепарина. Артериотомия в области бифуркации ОСА-ВСА. В просвете артерии гетерогенная атеросклеротическая бляшка с переходом на ВСА проксимальную часть ОСА. Выполнена эндартерэктомия из ОСА-ВСА с пластикой области бифуркации ксеноперикардальной заплатой нитью пролен 6/0 в условиях временного шунта. Пущен кровоток, пульсация отчетливая. Ревизия ОСА и ВСА — кровотечения нет. Гемостаз раны. Рана затампонирована салфеткой. На рану наложены временные узловы швы. Срединная стернотомия. Одновременно произведен забор большой подкожной вены левой и правой конечности из расчета на 3 шунта. Левая внутренняя грудная артерия (ЛВГА) скелетизированно выделена и мобилизована от подключичной вены до бифуркации. Введено 5 тыс гепарина. Дистальный конец ЛВГА клипирован, отсечен. Артерия дилатирована раствором папаверина. Сформирован канал для проведения ЛВГА в по-

лость перикарда. Т-образно вскрыт перикард. Ревизия коронарных артерий. С целью стабилизация миокарда использовалась вакуумная система фирмы 'GUIDANT'. Экспозиция ПКА в с/3. Артериотомия. Буж диаметром 2.5 мм свободно проходит в дистальном направлении. Наложен дистальный анастомоз с аутовеной по типу «конец в бок» нитью пролен 8/0. Пристеночно отжата восходящая аорта, сформирован проксимальный анастомоз аутовены с аортой нитью пролен 6/0. Экспозиция ДВ в с/3. Артериотомия. Буж диаметром 1,5 мм. свободно проходит в дистальном направлении. Наложен дистальный анастомоз с аутовеной по типу «конец в бок» нитью пролен 8/0. Экспозиция ПМЖВ артерии в с/3. Артериотомия. Буж диаметром 1,75 мм. свободно проходит в дистальном направлении. Наложен дистальный анастомоз с ЛВГА по типу «конец в бок» нитью пролен 8/0. Пущен кровоток по шунту. Отмечается явное улучшение сократимости верхушечных и прилегающих к ним сегментов ЛЖ. Экспозиция ВТК в с/3. Артериотомия. Буж диаметром 2.0 мм свободно проходит в дистальном направлении. Наложен дистальный анастомоз с аутовеной по типу «конец в бок» нитью пролен 8/0. Пристеночно отжата восходящая аорта, сформированы проксимальные анастомозы аутовен с аортой нитью пролен 6/0. Отмечено улучшение сократимости ранее асинергичных сегментов. Произведена интраоперационная шунтография, все шунты удовлетворительно заполняются, проходимы. Стабилизация гемодинамики. Подшиты эпикардальные электроды. Ревизия анастомозов — кровотечения нет. Нейтрализация гепарина протаминамом. Установлены дренажи в перикард, в переднее средостение и левую плевральную полость. Гемостаз раны. Ушивание грудины проволочными швами № 7–9. Послойное ушивание раны грудной клетки и шеи. Асепическая наклейка.

Данные итраоперационной чреспищеводной эхокардиографии (ЧПЭхоКГ). Левое предсердие — 46 мм. Левый желудочек: конечно — систолический размер (КСР) — 45 мм, конечно-диастолический размер (КДР) — 57 мм, конечно-систолический объем (КСО) — 106 мл, конечно — диастолический объем (КДО) — 182 мл, фракция выброса (ФВ) — 43%. Митральный клапан: движение створок разнонаправленное, пиковый градиент — 1,9 мм. рт. ст., регургитация до 1,5ст. Диаметр восходящей аорты — 36 мм, стенки уплотнены. Аортальный клапан: трехстворчатый, створки уплотнены, раскрытие створок — 19 мм, регургитации нет. Пиковый градиент — 4,8 мм рт. ст. Правое предсердие — 39 мм, правый желудочек — 36 мм. Расчетное давление в правом желудочке — 32 мм рт. ст. Трикуспидальный клапан: регургитация до I ст. Зоны асинергии: гипо-акинез верхушки левого желудка с переходом на верхушечные сегменты межжелудочковой перегородки. Диффузный гипокинез (менее выраженный в области

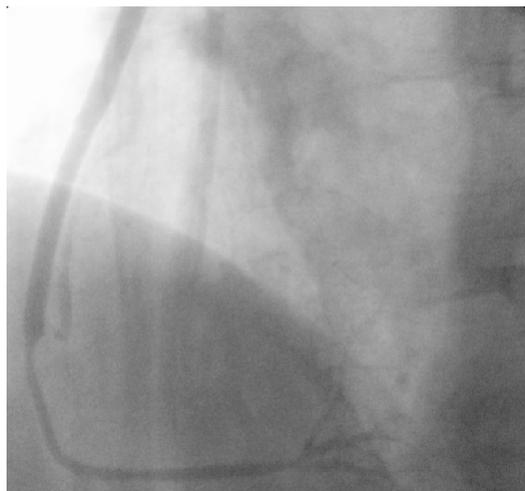


Рис. 1. Шунт к ПКА



Рис. 2. Шунт к ПМЖВ



Рис. 3. Шунт к ВТК

задней стенки ЛЖ на базальном и среднем уровнях). В области верхушки ЛЖ дополнительная трабекула.

Учитывая данные визуального наблюдения за улучшением сократимости асинергичных сегментов миокарда ЛЖ сразу после выполнения реваскуляризации и результаты интраоперационной ЧПЭхоКГ, принято решение об отказе от реконструктивного вмешательства на ЛЖ и завершении основного этапа операции.

По результатам интраоперационной шунтографии все шунты проходимы (Рис. 1, 2, 3).

Пациент переведен в отделение реанимации на минимальных дозах кардиотонической поддержки: добутамин 2 мкг/кг/мин и допамин 2 мкг/кг/мин. Экстубирован через 7 часов после операции. Через 19 часов после операции пациент переведен в хирургическое отделение.

Обсуждение

Большое количество исследований посвящено изучению влияния операции прямой реваскуляризации миокарда на сократимость миокарда левого желудочка (ЛЖ) у больных с ишемической дисфункцией ЛЖ, но они отличаются противоречивостью. Одни исследователи считают, что коронарное шунтирование у данного контингента больных не влияет на сократительную функцию миокарда. Другие полагают, что в раннем послеоперационном периоде наблюдается улучшение сократительной функции миокарда, но в отдаленном периоде существенной динамики не происходит. Существует даже мнение, что после коронарного шунтирования при проходимости шунтов не прогрессирует сердечная недостаточность, хотя сократительная способность нередко существенно не улучшается. Однако, у больных с не-

проходимыми шунтами достоверно страдает насосная функция левого желудочка [3, 4, 5]. Хорошо известно, что современные методы визуализации миокарда, а именно стресс-эхокардиография, радионуклидные методы диагностики, в первую очередь позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), позволяют во многих случаях верно оценить жизнеспособность миокарда. Однако не всегда удается однозначно предсказать, у кого из пациентов с дисфункцией миокарда ответ на реваскуляризацию будет значительным, а у кого — нет, даже при использовании стресс-эхокардиографии с добутамином, сцинтиграфии миокарда с таллием и/или технецием или ПЭТ [2, 6]. Дело в том, что признаки обратимости миокардиальной дисфункции, выявленные данными методами, не всегда реализуются в виде увеличения сократимости этих участков миокарда после шунтирования коронарных артерий. Тем не менее, подавляющее большинство исследователей активно рекомендуют проводить подробное обследование пациентов с ишемической дисфункцией миокарда на наличие и достаточность количества жизнеспособного миокарда.

По нашему мнению, использование для реваскуляризации миокарда операции на работающем сердце, дает дополнительные возможности для оценки жизнеспособности миокарда в интра- и самый ближайший период после реваскуляризации.

Таким образом, в ряде случаев интраоперационная оценка сократимости миокарда ЛЖ визуально хирургом и при использовании чреспищеводной эхокардиографии позволяет определить жизнеспособность миокарда и выбрать правильную тактику хирургического лечения пациента с ишемической кардиопатией, когда решается вопрос об изолированной реваскуляризации миокарда или о дополнении ее реконструкцией левого желудочка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бокерия, Л.А. Результаты миниинвазивной реваскуляризации миокарда у больных с ишемической дисфункцией левого желудочка / Л.А. Бокерия, В.Ю. Мерзляков, И.В. Ключников, А.И. Скопин, Д.П. Феодоридис, И.П. Асланиди, И.В. Шурупова, Х.К. Мамаев. // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. — № 4. — 2009. — с. 10–19.
2. Бокерия, Л.А. Гибернированный миокард как фактор прогноза ближайших результатов коронарного шунтирования у больных ишемической дисфункцией левого желудочка / Л.А. Бокерия, И.П. Асланиди, И.В. Шурупова, О.В. Мухортова, Е.П. Дервянко, В.Ю. Мерзляков, И.В. Ключников, Е.З. Голухова, Т.Г. Никитина. // Клиническая физиология кровообращения. — № 1. — 2011. — с. 31–39.
3. Akins, C.W. Preservation of interventricular septal function in patients having coronary artery bypass grafts without cardiopulmonary bypass / C.W. Akins, C.A. Boucher, G.M. Pohost. // Am Heart J. — 1984. — Vol. Feb;107(2). — p. 304–9.
4. Antunes, P.E. Coronary surgery with non-cardioplegic methods in patients with advanced left ventricular dysfunction: immediate and long term results / P.E. Antunes, J.M. Ferrão de Oliveira, M.J. Antunes // Heart. — 2003. — Vol. 89. — P. 427–31.
5. Benetti, F.J. Direct myocardial revascularization without extracorporeal circulation. Experience in 700 patient / F.J. Benetti, G. Naselli, M. Wood, L. Geffner // Chest. — 1996. — Vol. 100. — P. 3–6.
6. Di Carli, M.F. Value of metabolic imaging with positron emission tomography for evaluating prognosis in patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction. / M.F. Di Carli, M. Davidson, R. Little, et al. // Am J Cardiol. — 1994. — Vol. 73(8). — № 15. — p. 527–33.

© Жалилов Адхам Кахрамонович (Jalilov_adham@mail.ru), Вищипанов Артем Сергеевич.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Национальный медико-хирургический центр имени Н.И. Пирогова

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ОСТЕОПЛАСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В ХОДЕ РЕКОНСТРУКТИВНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ В ПОЛОСТИ РТА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

INVESTIGATION OF MICROCIRCULATION
PARAMETERS WHEN USING VARIOUS
COMPOSITIONS OF OSTEOPLASTIC
MATERIALS DURING RECONSTRUCTIVE
PROCEDURES IN THE ORAL CAVITY
IN AN EXPERIMENT

L. Ziulkina
N. Bulkina
P. Ivanov
S. Kamyshev
D. Avedova
I. Nebylicyn

Summary. The dynamics of microcirculation parameters in experimental animals during the operation of guided bone regeneration using various compositions of xenogenic osteoplastic material and autogenous bone from the intraoral donor zone was studied. The microcirculation index (M) was recorded, the mean square deviation (σ) was the fluctuation of the erythrocyte flow; the coefficient of variation (Kv) characterizing the vasomotor activity of the vessels. It was found that the optimal rates of normalization of microhemodynamics were noted in the 3rd group of animals, in which the ratio of xenogenic osteoplastic material and autogenous bone was 75% and 25%, respectively.

Keywords: guided bone regeneration, osteoplastic materials, augmentation of alveolar processes.

Зюлькина Лариса Алексеевна

Д.м.н., ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
larisastom@yandex.ru

Булкина Наталия Вячеславовна

Д.м.н., ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет» им. В.И. Разумовского
sto-kafedra@yandex.ru

Иванов Петр Владимирович

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»

Камышев Сергей Сергеевич

Аспирант, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»

Аведова Диана Юрьевна

Соискатель, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет» им. В.И. Разумовского

Небылицын Илья Викторович

Аспирант, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»

Аннотация. Изучена динамика параметров микроциркуляции у экспериментальных животных при проведении операции направленной регенерации костной ткани с использованием различных композиций ксеногенного костнопластического материала и аутогенной кости из внутриротовой донорской зоны. Регистрировали показатель микроциркуляции (M), среднее квадратическое отклонение (σ) — колеблемость потока эритроцитов; коэффициент вариации (Kv), характеризующий вазомоторную активность сосудов микроциркуляторного русла. Установлено, что оптимальные темпы нормализации микрогемодинамики отмечены в 3-й группе животных, в которой соотношение ксеногенного костнопластического материала и аутогенной кости составило 75% и 25%, соответственно.

Ключевые слова: направленная регенерация костной ткани, остеопластические материалы, аугментация альвеолярных отростков.

Проблема недостаточного объема костной ткани при проведении лечения пациентов с вторичной адентией, заболеваниями пародонта и дентальной имплантации сохраняет свою актуальность [2,3,4,5]. Основными направлениями ее решения явля-

ются совершенствование методик реконструктивных стоматологических вмешательств, а также разработка новых остеопластических материалов для направленной регенерации костной ткани. Следует отметить, что не в полной мере освоен потенциал существую-

щих остеопластических материалов для аугментации альвеолярных отростков челюстей [1]. «Золотым стандартом» при проведении операции восстановления объема утраченной кости с использованием техники направленной регенерации костной ткани (НРКТ) является использование аутокости, однако проблема дополнительной травматизации донорской зоны накладывает существенные ограничения на подобный вид хирургического вмешательства. Одним из путей решения подобной задачи является комбинированное использование аутокости с другими остеопластическими материалами. Ряд исследователей убеждено, что перспективным направлением является сочетанное применение аутогенной кости и ксеногенного костнопластического материала (ККМ). Однако существует множество вопросов к использованию подобной комбинации. В частности, остаются нерешенными вопросы об оптимальном соотношении компонентов биоимплантата, а также предпочтениях при выборе донорской зоны. В связи с изложенным выше нами предпринята попытка экспериментальным путем определить оптимальное соотношение компонентов остеопластического материала, состоящего из смеси аутогенной костной стружки (АКС), взятой из внутриротовой донорской зоны и ксеногенного костнопластического материала.

Цель исследования

Определить динамику параметров микроциркуляции у экспериментальных животных при проведении операции направленной регенерации костной ткани с использованием различных композиций ККМ и АКС из внутриротовой донорской зоны.

Материалы и методы

Объектом исследования явились 36 половозрелых кролика-самца массой 3000–3500 г. Животным имплантировали композиции остеопластических материалов, состоящих из различного соотношения ксеногенного костнопластического материала (ККМ) и аутогенной костной стружки (АКС) из внутриротового источника (угол нижней челюсти). В качестве ККМ использовали отечественный материал «Xenograft Mineral», для проведения НРКТ применяли биорезорбируемую мембрану «bioPLATE Barrier».

Животные были разделены на 3 группы в зависимости от соотношения ККМ и АКС:

1 группа — соотношение ККМ: АКС составило 25% и 75%, соответственно;

2 группа — соотношение ККМ: АКС составило 50% и 50%, соответственно;

3 группа — соотношение ККМ: АКС составило 75% и 25%, соответственно.

Мониторинг состояния микроциркуляции крови в капиллярной сети слизистой оболочки в зоне проведения НРКТ проводили с помощью метода лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) с использованием лазерного анализатора «ЛАКК-02» (исполнение 4) (Россия, ООО НПП «Лазма», г. Москва). Регистрировали показатель микроциркуляции (М), отражающий уровень перфузии в тканях; среднее квадратическое отклонение (σ) — колеблемость потока эритроцитов; коэффициент вариации (Kv), характеризующий вазомоторную активность сосудов микроциркуляторного русла.

Статистическую обработку осуществляли с использованием статистических пакетов Excel for Windows 2007 и Statistica v.10. Для проверки нормальности распределения использовали критерий Шапиро-Уилкса. Для каждого параметра рассчитывали минимальное (Min) и максимальное (Max) значения, среднюю арифметическую (M), ошибку средней арифметической (m). Достоверность различий между выборками определяли с помощью параметрического критерия Фишера, а в случаях, где распределение данных было отличным от нормального, использовали непараметрический критерий Уилкоксона для связанных выборок, а также критерии Колмогорова-Смирнова и U-критерий Манна-Уитни для несвязанных. Различия считали достоверными при 95%-м пороге вероятности ($p < 0,05$).

Результаты и их обсуждение

При исследовании установлено, что исходные значения показателей микрогемодинамики в зоне оперативно вмешательства у экспериментальных животных в исследуемых группах не имели статистически достоверных различий. Так, показатель микроциркуляции (M) варьировал от $17,32 \pm 1,08$ перф. ед. до $17,41 \pm 0,27$ перф. ед. ($p > 0,05$), интенсивность кровотока находилась в диапазоне от $1,90 \pm 0,10$ до $2,03 \pm 0,05$ перф. ед. ($p > 0,05$), значения коэффициента вариации составили от $10,92 \pm 0,61\%$ до $11,76 \pm 0,79\%$ ($p > 0,05$).

На 3-е сутки после оперативного вмешательства удалось выявить неодинаковую реакцию микроциркуляторного русла на введение различных композиций остеопластического материала. Менее выраженной была реакция микроциркуляторного русла у экспериментальных животных 3-й группы. Так, показатель микроциркуляции в 1-й группе увеличился на 69,68%, во 2-й группе — на 73,52%, в 3-й группе — на 58,25% ($p < 0,05$). Интенсивность кровотока (σ) в 1-й группе усиливалась на 92,61%, во 2-й группе — на 97,89%,

в 3-й группе — на 75,13% ($p < 0,05$). Причем различия в показателях уровня кровотока (M) и его интенсивности (σ) у животных 3-й группы достоверно отличались от соответствующих показателей животных 1-й и 2-й групп ($p < 0,05$). Вазомоторная активность возрастала во всех группах, однако различия между ними не были статистически значимыми. Следует отметить, что в 3-й группе животных был произведен забор наименьшего объема аутотрансплантата для восстановления альвеолярного гребня, что могло послужить благоприятным фактором для функциональной стабильности капиллярного кровотока в зоне операции.

На 14-е сутки отмечали тренд к началу нормализации микрогемодинамических показателей. Показатель микроциркуляции (M) в 1-й группе на данном этапе наблюдений составил $22,75 \pm 1,13$ перф.ед., во 2-й группе — $21,35 \pm 1,54$ перф. ед., в 3-й группе — $20,59 \pm 1,18$ перф.ед. Интенсивность тканевого кровотока снижалась во всех группах, однако наилучшая динамика данного показателя отмечена в группе 3 ($2,31 \pm 0,12$ перф.ед.). На данном этапе наблюдений значения показателя микроциркуляции и среднеквадратического отклонения имели достоверные различия с соответствующими значениями в своих группах до эксперимента ($p < 0,05$). Коэффициент вариации также уменьшался во всех группах, статистически достоверных различий между

группами в значении данного показателя не обнаружено.

На 30-е сутки продолжалось восстановление микроциркуляции после хирургического вмешательства. Исследуемые показатели не имели статистически достоверных различий между группами на данном этапе наблюдений.

На 90-е сутки после операции сохранялась динамика нормализации капиллярного кровотока и к 180-м суткам наблюдений во всех группах констатировано возвращение исследуемых параметров к исходным значениям.

Заключение

Таким образом, оптимальные темпы нормализации микрогемодинамики наблюдали в 3-й группе животных, в которой соотношение КKM и АКС составило 75% и 25%, соответственно. На наш взгляд, полученный результат стал следствием минимальной травматизации донорской зоны. Полученные данные позволяют рекомендовать использование подобной композиции остеопластического материала в качестве альтернативы при проведении НРКТ в амбулаторной стоматологической практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булкина, Н.В. Опыт применения аскорбата хитоза в комплексной терапии заболеваний пародонта / Н.В. Булкина, А.П. Ведяева, Е.В. Токмакова [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. — 2013. — Т. 9. — № 3. — С. 372–375.
2. Иванов, С.Ю. Реконструктивная хирургия альвеолярной кости / С.Ю. Иванов, А.А. Мураев, Н.Ф. Ямуркова — Москва: ГЭОТАР Медиа, 2016. — 360 с.
3. Кулаков А.А. Дентальная имплантация: национальное руководство / под ред. А.А. Кулакова. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2018. — 400 с.
4. Тарасенко, С.В. Сравнительный гистологический анализ применения синтетических и ксеногенных остеопластических материалов для аугментации альвеолярного отростка верхней челюсти перед дентальной имплантацией / С.В. Тарасенко, А.Б. Шехтер, А.М. Ершова, И.В. Бондаренко // Российская стоматология. — 2016. — № 9(3). — С. 3–7.
5. Янушевич, О.О. Использование остеотропных материалов при лечении заболеваний пародонта хирургическими методами / О.О. Янушевич, Г.С. Рунова, Е.И. Выборная // Медицинский совет. — 2011. — № 7–8. — С. 101–103.

© Зюлькина Лариса Алексеевна (larisastom@yandex.ru), Булкина Наталия Вячеславовна (sto-kafedra@yandex.ru), Иванов Петр Владимирович, Камышов Сергей Сергеевич, Аведова Диана Юрьевна, Небылицын Илья Викторович.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИЗМЕНЕНИЯ ГЕМОСТАЗА У ПАЦИЕНТОК С ЭНДОМЕТРИОИДНЫМИ КИСТАМИ ЯИЧНИКОВ, ПЕРЕНЕСШИХ ИНФЕКЦИЮ ВИРУСОМ SARS-COV-2

CHANGES IN HEMOSTASIS IN PATIENTS WITH OVARIAN ENDOMETRIOID CYSTES WITH SARS-COV-2 INFECTION IN ANAMNESIS

**D. Kalimatova
Yu. Dobrokhotova**

Summary. Aim. To improve the outcomes of treatment of infertility associated with endometrial ovarian cyst, based on the study of hemostasis system in patients who have undergone COVID-19 infection.

Materials and methods. Clinical and laboratory examination and treatment of 135 patients with infertility (lasting from 1 to 12 years) and ovarian endometriomas, who underwent laparoscopic endometrioma removal, were carried out. The patients included in the study were divided into 2 groups: group 1 consisted of 78 women who had no clinical and laboratory signs of SARS-CoV-2 infection in the anamnesis; Group 2 included 57 patients who underwent laboratory-confirmed SARS-CoV-2 infection within 6 months prior to endometrioma treatment. The levels of follicle-stimulating hormone, anti-Müllerian hormone (AMH) were determined. The assessment of the volume and number of follicles in the ovaries was carried out using ultrasound. The level of D-dimer was assessed before treatment, 3–5 days after surgery, and 2 months after surgery. The results of the above parameters were compared in the examined patients.

Results. It was found that in women with ECL who had a history of COVID-19 infection, there are signs of a decrease in ovarian reserve, as evidenced by a decrease in the concentration of anti-Müllerian hormone, which persists over time after surgical treatment of cysts. The revealed violations occur against the background of a decrease in FSH concentration, and are also combined with changes in the coagulation system of hemostasis in these women, which is confirmed by a statistically significant increase in the level of D-dimer.

Conclusion. The data obtained indicate the possibility of the impact of the transferred COVID-19 infection on the ovarian reserve, as well as disorders in the coagulation system of women with endometrial cysts and infertility, which should be taken into account when developing treatment tactics for these patients.

Keywords: endometriosis, infertility, endometrial ovarian cyst, hemostasis system, SARS-CoV-2 virus, follicle-stimulating hormone, anti-Müllerian hormone, D-dimer.

Калиматова Донна Магомедовна

К.м.н., ФГБОУ ВО «Российский национальный
исследовательский медицинский университет имени
Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения
Российской Федерации
9227707@gmail.com

Доброхотова Юлия Эдуардовна

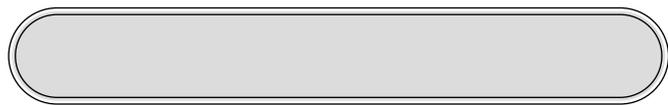
Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Российский
национальный исследовательский медицинский
университет имени Н.И. Пирогова» Министерства
здравоохранения Российской Федерации

Аннотация. Цель исследования: улучшить исходы лечения бесплодия, ассоциированного с эндометриальными кистами яичников, на основании изучения состояния системы гемостаза у пациенток, перенесших инфекцию COVID-19.

Материалы и методы. Проведено клинико-лабораторное обследование и лечение 135 пациенток с бесплодием (длительностью от 1 до 12 лет) и эндометриомами яичников, которым выполнялось лапароскопическое удаление эндометриомы. Пациентки, включенные в исследование, были разделены на 2 группы: группу 1 составили 78 женщин, у которых в анамнезе не было клинических и лабораторных признаков инфекции SARS-CoV-2; в группу 2 вошли 57 пациенток, перенесшие лабораторно подтвержденную инфекцию SARS-CoV-2 в течение 6 месяцев до лечения эндометриом. Проведено определение уровней фолликулостимулирующего гормона, антимюллера гормона (АМГ). Оценка объема и количества фолликулов в яичниках производилась с использованием УЗИ. Выполнена оценка уровня D-димера до лечения, на 3–5 сутки после операции и через 2 месяца после хирургического вмешательства. Проводили сравнение результатов вышеперечисленных показателей у обследуемых пациенток.

Результаты. Установлено, что у женщин с ЭКЯ, перенесших в анамнезе инфекцию COVID-19, наблюдаются признаки снижения овариального резерва, о чем свидетельствуют снижение концентрации антимюллера гормона, которое сохраняется в динамике после хирургического лечения кист. Выявленные нарушения происходят на фоне снижения концентрации ФСГ, а также сочетаются с изменениями свертывающей системы гемостаза у этих женщин, что подтверждается статистически значимым повышением уровня D-димера.

Вывод. Полученные данные свидетельствуют о возможности влияния перенесенной инфекции COVID-19 на овариальный резерв, а также о нарушениях в свертывающей системе женщин с эндометриальными кистами и бесплодием, что следует учитывать при выработке тактики лечения этих пациенток.



Введение

По современным представлениям эндометриоз — это хроническое доброкачественное эстроген-зависимое заболевание, при котором за пределами полости матки происходит доброкачественное разрастание ткани, по морфологическим и функциональным свойствам подобной эндометрию. Распространенность данного заболевания составляет 5–10% [1–3]. У 44% женщин, страдающих эндометриозом, выявляются эндометриозные кисты яичников (ЭКЯ), которые нередко сочетаются с трубным бесплодием [4, 5]. ЭКЯ является наиболее частым проявлением генитального эндометриоза и встречается преимущественно у женщин репродуктивного возраста [5–7].

Для лечения эндометриоза яичников применяется комбинированная терапия — хирургическое лечение в сочетании с гормонотерапией. На сегодняшний день применяются различные методики лечения ЭКЯ — цистэктомия, резекция яичников, дренирование с коагуляцией, пункционное склерозирование [4, 5]. Хотя мнения исследователей относительно безопасности и эффективности разных методов оперативного лечения эндометриоза яичников с позиции сохранения овариального резерва (ОР) нередко расходятся, тем не менее предпочтительным в отношении сохранения репродуктивной функции у данной категории пациенток считается проведение цистэктомии. При этом следует отметить, что любой вид хирургического вмешательства при данном заболевании приводит к угнетению иммунного ответа и снижению ОР, поскольку во время его выполнения помимо механического удаления тканей яичника, пораженных эндометриозом, проводится термическая коагуляция, что сопровождается гипоксическими расстройствами, приводящими к деструктивным изменениям и повреждению эндокринного аппарата яичника.

При поиске эффективных оперативных методов лечения следует учитывать, что минимизация травматического воздействия на ткани во время операции положительно сказывается не только на органах брюшной полости, но и на состоянии системы гемостаза, снижая уровень ее активации, предотвращая тем самым возможные сосудистые осложнения.

В период глобального распространения инфекционного заболевания, вызываемого вирусом SARS-CoV-2,

Ключевые слова: эндометриоз, бесплодие, эндометриальная киста яичника, система гемостаза, вирус SARS-CoV-2, фолликулостимулирующий гормон, антимюллеров гормон, D-димер.

ставшего одной из самых серьезных угроз общественному здоровью, высокоактуальным является изучение состояния свертывающей системы у пациенток с ЭКЯ и бесплодием, которым проводится хирургическое лечение. К настоящему времени установлено, что одним из механизмов патогенеза инфекции COVID-19 является нарушение иммунного ответа [6], приводящее к локальному и системному повреждению тканей [7]. Развивающиеся нарушения в первую очередь затрагивают нижние дыхательные пути и вызывает пневмонию, которая может сопровождаться лихорадкой, кашлем, отхождением мокроты и кровохарканьем [8]. К настоящему времени показано, что внелегочные повреждения, вызываемые вирусом SARS-CoV-2, включают острое повреждение почек, повреждение клеток печени, неврологические нарушения, дисфункцию миокарда, желудочно-кишечные симптомы [6, 7]. SARS-CoV-2, по-видимому, может оказывать неблагоприятное воздействие на репродуктивную систему. В отдельных исследованиях показано, что при этой инфекции наблюдаются изменения фертильности и нарушения репродуктивной функции у женщин [9, 10]. Учитывая масштабы пандемии COVID-19, некоторые авторы предполагают массовое снижение фертильности [11].

Сообщалось, что развитие иммунологических сдвигов при этой инфекции проявляется в первую очередь высокими уровнями интерлейкинов (ИЛ)-6 и 8, фактора некроза опухоли- α и других цитокинов, которые вызывают прокоагулянтное состояние, неблагоприятное для развития бластоцисты или плода в матке женщин [12]. Накапливающиеся данные свидетельствуют о том, что это образование комплекса вируса с белком ACE2 может влиять на репродуктивные функции женщин, приводя к нарушению менструального цикла, бесплодию и дистрессу плода [9].

До настоящего времени отсутствуют сведения о потенциальном влиянии заболевания COVID-19 на фертильность у женщин, а также роли изменений гемостаза в предполагаемых нарушениях репродуктивной функции. Очевидно, что изучение взаимосвязи между инфекцией COVID-19 и последующими нарушениями гемостаза и репродуктивной системы позволит получить новые данные о состоянии фертильности у переболевших пациенток с эндометриозом. Это в свою очередь будет способствовать совершенствованию тактики ведения женщин с бесплодием и ЭКЯ., перенесших инфекцию, вызванную вирусом SARS-CoV-2.

Цель исследования: улучшить исходы лечения бесплодия, ассоциированного с ЭКЯ, на основании изучения состояния системы гемостаза у пациенток, перенесших инфекцию COVID-19.

Материалы и методы

На базе гинекологического отделения Московской городской клинической больницы № 1 им. Н.И. Пирогова и 52 ГКБ проведено комплексное клиничко-лабораторное обследование и лечение 135 пациенток с бесплодием и эндометриозами яичников, которым выполнялось лапароскопическое удаление эндометриомы.

Критериями включения пациенток в исследование были:

- ◆ возраст от 27 до 40 лет;
- ◆ наличие эндометриальных кист яичников размером более 3 см.

Критериями не включения в исследование были:

- ◆ миома матки с клинически значимыми размерами и расположением узлов;
- ◆ гиперплазия эндометрия.

У всех пациенток был установлен диагноз бесплодия (длительностью от 1 до 12 лет) и по данным ультразвукового исследования была диагностирована киста яичника диаметром более 3 см (от 3 до 9 см) с признаками эндометриомы.

Пациентки, включенные в исследование, были разделены на 2 группы:

- ◆ группу 1 составили 78 женщин, у которых в анамнезе не было клинических и лабораторных признаков инфекции SARS-CoV-2;
- ◆ в группу 2 вошли 57 пациенток, перенесшие лабораторно подтвержденную инфекцию SARS-CoV-2 в течение 6 месяцев до лечения эндометриом.

В ходе исследования выполнялось комплексное обследование и лечение пациенток с применением хирургических методов, а также оценка исходов лечения.

Всем пациенткам был проведен стандартный протокол предоперационного общеклинического обследования, кроме того, всем было выполнено определение состояния овариального резерва: перед операцией на 2–5 день менструального цикла измеряли уровень фолликулостимулирующего гормона (ФСГ) и антимюллерова гормона (АМГ). Оценка объема и количества фолликулов в яичниках производилась с использованием ультразвукового исследования.

Выполнена оценка системы гемостаза пациенток до лечения, на 3–5 сутки после операции и через 2 месяца после хирургического вмешательства. При лабораторном подтверждении нарушений в системе гемостаза назначали мероприятия по профилактике венозных тромбозных осложнений (ВТЭО), способствующие нормализации состояния системы гемостаза, учитывая тот факт, что хирургическое вмешательство само по себе является серьезным провоцирующим фактором для повышенного тромбообразования.

Проводили сравнение результатов оценки ОР и показателей системы гемостаза в группах обследуемых пациенток.

Все операции выполнены на лапароскопическом оборудовании Karl Storz (Германия). Хирургическое лечение ЭКЯ осуществлялось лапароскопическим доступом в соответствии с принципом максимального сохранения ткани яичника и ОР. После выявления ЭКЯ по результатам УЗИ для определения дальнейшей тактики ведения принимали во внимание следующие характеристики пациенток: возраст, ранее проведенное хирургическое лечение по поводу ЭКЯ, наличие болевого синдрома, размер кисты (более или менее 4 см), наличие сохраненного ОР и возможного доступа к фолликулам. В ходе лапароскопии выполняли вылушивание капсулы кисты и удаление очагов эндометриоза.

Статистическая обработка полученных данных выполнялась с использованием пакетов программ Statsoft STATISTICA 10 и Microsoft Excel 2016. Нормальность распределения оценивалась с применением критерия Колмогорова-Смирнова. Оценки различий между группами по количественным показателям выполняли с помощью попарных межгрупповых сравнений с применением рангового непараметрического критерия Манна-Уитни. Достоверность множественных и попарных межгрупповых различий подтверждалась при недостижении p порогового уровня статистической значимости нулевой гипотезы 0,05.

Результаты исследования

В табл. 1 представлены концентрации АМГ, измеренные при первичном обследовании пациенток, а также после оперативного вмешательства. Как видно, значение показателя в группе 2 в оба срока исследования было статистически значимо ниже ($p < 0,05$), чем в группе сравнения.

Оценка уровня фолликулостимулирующего гормона показала, что значение данного показателя до выполнения оперативного вмешательства было статистиче-

Таблица 1. Динамика концентрации АМГ (нг/мл), Ме (Q₂₅; Q₇₅)

Срок исследования	Группа 1 n=78 (не перенесшие инфекцию SARS-CoV-2)	Группа 2 n=57 (перенесшие инфекцию SARS-CoV-2)
До операции	3,52 (1,72–2,20)	2,81* (1,98–2,21)
После операции	1,55 (1,12–2,10)	1,18* (0,88–1,63)

Примечание: * — различия статистически значимы (при $p < 0,05$) по критерию Манна-Уитни) по сравнению с соответствующим показателем в группе 1

Таблица 2. Динамика концентрации ФСГ (МЕ/мл), Ме (Q₂₅; Q₇₅)

Срок исследования	Группа 1 n=78 (не перенесшие инфекцию SARS-CoV-2)	Группа 2 n=57 (перенесшие инфекцию SARS-CoV-2)
До операции	5,8 (3,5–8,2)	5,2* (2,8–7,3)
После операции	7,9 (5,6–10,1)	6,8* (3,4–8,1)

Примечание: * — различия статистически значимы (при $p < 0,05$) по критерию Манна-Уитни) по сравнению с соответствующим показателем в группе 1

Таблица 3. Динамика уровня Д-димера, нг/мл, Ме (Q₂₅; Q₇₅)

Срок исследования	Группа 1 n=78 (не перенесшие инфекцию SARS-CoV-2)	Группа 2 n=57 (перенесшие инфекцию SARS-CoV-2)
До операции	215,8 (93,5–278,2)	355,2* (175,8–623,1)
Через 3–5 сут после операции	197,9 (85,6–245,4)	316,8* (113,7–458,4)
Через 2 мес после операции	184,2 (74,2–229,1)	282,3* (122,8–389,3)

Примечание: * — различия статистически значимы (при $p < 0,05$) по критерию Манна-Уитни) по сравнению с соответствующим показателем в группе 1

ски значимо ниже ($p < 0,05$) у пациенток, перенесших инфекцию SARS-CoV-2, по сравнению с соответствующей величиной данного параметра у женщин с ЭКЯ, у которых в анамнезе отсутствовали признаки этой инфекции (табл. 2). После операции выявленные соотношения этого показателя в группах пациенток сохранялись: в группе 1 концентрация ФСГ составила 7,9 (5,6–10,1) МЕ/мл, в группе 2 была достоверно ниже — 6,8 (3,4–8,1) МЕ/мл ($p < 0,05$).

Обращало на себя внимание статистически значимое повышение уровня Д-димера до выполнения операции у пациенток, перенесших инфекцию SARS-CoV-2, по сравнению с соответствующей величиной

данного параметра у женщин с ЭКЯ, у которых в анамнезе отсутствовали признаки этой инфекции: значения показателей составили в группе 1–215,8 (93,5–278,2) нг/мл и 355,2 (175,8–623,1) во второй группе (табл. 3). В раннем послеоперационном периоде выявленные соотношения этого показателя в группах пациенток сохранялись: в группе 1 уровень Д-димера составил 197,9 (85,6–245,4) нг/мл, в группе 2 был достоверно ниже — 316,8 (113,7–458,4) МЕ/мл ($p < 0,05$). Спустя 2 месяца после вмешательства значение данного показателя у пациенток, перенесших инфекцию COVID-19, было по-прежнему статистически значимо выше ($p < 0,05$) такового в первой группе, соответственно 282,3 (74,2–229,1) и 184,2 (74,2–229,1) МЕ/мл.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют, что у женщин с ЭКЯ, перенесших в анамнезе инфекцию COVID-19, наблюдаются признаки снижения ОР, о чем свидетельствует снижение концентрации антимюллерова гормона, которые сохраняются после хирургического лечения ЭКЯ. Выявленные нарушения происходят на фоне снижения концентрации ФСГ, а также сочетаются с изменениями свертывающей системы гемостаза у этих женщин, что подтверждается статистически значимым повышением уровня Д-димера у данного контингента пациенток.

Обсуждение результатов

К настоящему времени установлено, что ACE2 является рецептором для SARS-CoV [13]. SARS-CoV-2, как представитель подрода Sarbecovirus из рода Betacoronavirus, имеет 76%ную гомологию аминокислотной последовательности с SARS-CoV [14]. Профиль экспрессии белка ACE2 также дает основание рассматривать этот рецептор как рецептор для SARS-CoV-2 [15]. Таким образом, SARS-CoV-2 может проникать в клетки-мишени, используя рецепторы ACE2 в качестве первичного сайта связывания собственных рецепторов [16–18], и регулировать экспрессию ACE2 в клетках хозяина. Изучение экспрессии ACE2 было оценено в различных органах человека, таких как дыхательные пути, сердце, почки, яичники, матка, яички, влагалище и плацента, а также в желудочно-кишечном тракте [9, 19]. Примечательно, что экспрессия ACE2 значительно выражена в яичниках [20]. Полученные в экспериментальных исследованиях данные дают основания предполагать, что в незрелых яичниках крыс рецепторы ACE2 экспрессируются в стромальных клетках, клетках гранулезы и в ооцитах [21, 22]. Рецепторы ACE2 регулируют развитие фолликулов и овуляцию, регулируют ангиогенез и дегенерацию желтого тела, а также влияют на периодические изменения ткани эндометрия и на развитие эмбриона [9]. Таким образом, рецепторы ACE2 играют регуляторную роль в отношении репродуктивной функции [7].

Принимая во внимание вышеописанные факторы, логично предполагать, что вирус SARS-CoV-2 может нарушать фертильность у женщин, атакуя ткань яичников и клетки гранулезы или повреждая мембранный белок

эпителиальных клеток эндометрия Basigin (BSG) [10], который также является одним из наиболее важных рецепторов COVID-19 и опосредует проникновение вируса в организм хозяина [22]. BSG экспрессируется не только в матке, но и в стромальных клетках и клетках гранулезы яичников [23–25], этот белок играет важную роль во время развития фолликулов, формирования желтого тела и имплантации эмбриона [26].

Полученные нами данные свидетельствуют о повышении уровня D-димера у пациенток, перенесших инфекцию, вызываемую вирусом SARS-CoV-2. К настоящему времени установлено, что нарушения состояния свертывающей системы широко распространены у пациентов с тяжелой формой COVID-19. Полагают, что в патогенезе изменений функции системы гемостаза важную роль играет эндотелиальная дисфункция, наблюдаемая при этом заболевании [27].

Важнейшим осложнением COVID-19 является венозная тромбоэмболия, частота развития которой у госпитализированных пациентов доходит до 10% [28]. Длительная иммобилизация в период болезни, обезвоживание, острый воспалительный процесс, риск-факторы сердечно-сосудистых заболеваний (гипертония, диабет, ожирение) или сердечно-сосудистые заболевания, а также классическая генетическая тромбофилия (например, гетерозиготная мутация Фактора V Лейдена) — все перечисленные факторы являются сопутствующими заболеваниями, потенциально увеличивающими риск ВТЭ, у госпитализированных пациентов с COVID-19. Активация/повреждение эндотелиальных клеток при связывании вируса с ACE-2 также повышает риск развития этих осложнений [15, 18].

В целом на сегодняшний день степень воздействия инфекции COVID-19 на систему гемостаза у женщин эндометриозом остается неясной. Учитывая масштабы пандемии, а также социальные и экономические издержки, связанные с этим заболеванием, необходимо проведение дальнейших исследований влияния вируса на фертильность и эндометриоз, которые послужат научным обоснованием для совершенствования алгоритмов хирургического лечения пациенток с эндометриозом и бесплодием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнова Т.А., Жукович А.С. Современные аспекты лечения эндометриозных кист яичников малого размера у пациенток репродуктивного возраста. Медицинский журнал. 2019; 2: 108–114.
2. Li X., Zeng C., Zhou Y.F. et al. Endometriosis fertility index for predicting pregnancy after endometriosis surgery. Chin. Med. J. (Engl). 2017; 130(16): 1932–1937.
3. Evans M.B., Decherney A.H. Fertility and Endometriosis. Clin. Obstet. Gynecol. 2017; 60(3): 497–502.
4. Мешкова О.А., Дигаева М.А., Богданов Д.Ю., Саакова А.Л. Проблема вторичного бесплодия: распространенность и современные методы лечения. Эндоскопическая хирургия. 2015; 21 (4): 69–75.

5. Di Nisio V, Rossi G., Di Luigi G. et al. Increased levels of proapoptotic markers in normal ovarian cortex surrounding small endometriotic cysts. *Reprod. Biol.* 2019; Aug 12. doi: 10.1016/j.repbio.2019.08.002.
6. Yang L, Liu S, Liu J, et al. COVID-19: immunopathogenesis and immunotherapeutics. *Signal Transduct Target Ther* 2020;5:128.
7. Cao X. COVID-19: immunopathology and its implications for therapy. *Nat Rev Immunol* 2020;20:269–70.
8. XW X, XX W, Jiang XG. Clinical findings in a group of patients infected with the 2019 novel coronavirus (SARS-Cov-2) outside of Wuhan, China: retrospective case series. *BMJ* 2020;368.
9. Jing Y, Run-Qian L, Hao-Ran W, et al. Potential influence of COVID-19/ACE2 on the female reproductive system. *Mol Hum Reprod* 2020;26:367–73.
10. Li R, Yin T, Fang F, et al. Potential risks of SARS-CoV-2 infection on reproductive health. *Reprod Biomed Online* 2020;41:89–95.
11. Aassve A, Cavalli N, Mencarini L, et al. The COVID-19 pandemic and human fertility. *Science* 2020;369:370–1.
12. Sills ES, Wood SH. An experimental model for Peri-conceptual COVID-19 pregnancy loss and proposed interventions to optimize outcomes. *Int J Mol Cell Med* 2020;9:180–7.
13. Li W, Moore MJ, Vasilieva N, et al. Angiotensin-Converting enzyme 2 is a functional receptor for the SARS coronavirus. *Nature* 2003;426:450–4.
14. Lukassen S, Chua RL, Trefzer T, et al. SARS-CoV-2 receptor ACE2 and TMPRSS2 are primarily expressed in bronchial transient secretory cells. *Embo J* 2020;39: e105114.
15. Hikmet F, Méar L, Edvinsson Åsa, et al. The protein expression profile of ACE2 in human tissues. *Mol Syst Biol* 2020;16: e9610.
16. Zhou Y, Vedantham P, Lu K, et al. Protease inhibitors targeting coronavirus and filovirus entry. *Antiviral Res* 2015;116:76–84.
17. Matsuyama S, Nagata N, Shirato K, et al. Efficient activation of the severe acute respiratory syndrome coronavirus spike protein by the transmembrane protease TMPRSS2. *J Virol* 2010;84:12658–64.
18. Hoffmann M, Kleine-Weber H, Schroeder S, et al. SARS-CoV-2 cell entry depends on ACE2 and TMPRSS2 and is blocked by a clinically proven protease inhibitor. *Cell* 2020;181:271–80.
19. Lippi G, Lavie CJ, Henry BM, et al. Do genetic polymorphisms in angiotensin converting enzyme 2 (ACE2) gene play a role in coronavirus disease 2019 (COVID-19)? *Clin Chem Lab Med* 2020;58:1415–22.
20. Ace2 gene (protein coding). Available: https://www.genecards.org/cgi-bin/carddisp.pl?gene=ACE2&keywords=ACE2#protein_expression
21. Pereira VM, Reis FM, Santos RAS, et al. Gonadotropin stimulation increases the expression of angiotensin-(1–7) and MAS receptor in the rat ovary. *Reprod Sci* 2009;16:1165–74.
22. Mahdian S, Shahhoseini M, Moini A. COVID-19 mediated by basigin can affect male and female fertility. *Int J Fertil Steril* 2020;14:262–3.
23. Mauvais-Jarvis F, Klein SL, Levin ER. Estradiol, progesterone, immunomodulation, and COVID-19 outcomes. *Endocrinology*. 2020; 161: bqaa127.
24. Chen L, Bi J, Nakai M, et al. Expression of basigin in reproductive tissues of estrogen receptor- α or β null mice. *Reproduction* 2010;139:1057–66.
25. Chang H, Ni H, Ma X-H, et al. Basigin expression and regulation in mouse ovary during the sexual maturation and development of corpus luteum. *Mol Reprod Dev* 2004;68:135–41.
26. Mauvais-Jarvis F, Klein SL, Levin ER. Estradiol, progesterone, immunomodulation, and COVID-19 outcomes. *Endocrinology* 2020;161: bqaa127.
27. Бурячковская Л.И., Мелькумянц А.М., Ломакин Н.В. и др. Повреждение сосудистого эндотелия и эритроцитов у больных COVID-19. *Consilium Medicum*. 2021; 23 (6): 469–476.
28. Boonyawat K., Chanrathammachart P., Numthavaj P. et al. Incidence of thromboembolism in patients with COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Thromb J.* 2020; 18: 34.

© Доброхотова Юлия Эдуардовна (9227707@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НЕАЛКОГОЛЬНАЯ ЖИРОВАЯ БОЛЕЗНЬ ПЕЧЕНИ И АССОЦИИРОВАННАЯ С НЕЙ ПАТОЛОГИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ: КЛИНИЧЕСКАЯ И УЛЬТРАЗВУКОВАЯ КАРТИНА

Кузьмина Юлия Борисовна

Врач ультразвуковой диагностики, ГБУ Ростовской области «Ростовская областная клиническая больница», г. Ростов-на-Дону
kujubo@yandex.ru

NON-ALCOHOLIC FATTY LIVER DISEASE AND ASSOCIATED PATHOLOGY OF CARDIOVASCULAR SYSTEM: CLINICAL AND ULTRASOUND PICTURE

Yu. Kuzmina

Summary. Ultrasound diagnostics is a promising direction for detecting comorbid pathology in patients with NAFLD and diseases of the cardiovascular system. The main contingent of patients is overweight and obese people. The central role in the development of NAFLD belongs to the excessive accumulation of free fatty acids and the deposition of their derivatives in the liver under conditions of insulin resistance. Not only is NAFLD capable of affecting the development of CVD, but also vice versa, some cardiovascular pathologies aggravate the course of NAFLD. An important diagnostic sign is the presence of steatosis in 5% or more of hepatocytes. The clinical picture of NAFLD has no specific features. As the main ultrasound signs of NAFLD, there are: a diffuse increase in the brightness of the hepatic parenchyma (bright white liver), heterogeneity of the structure, indistinctness and / or emphasis of the vascular pattern. The echo decays distally. The echogenicity of the liver significantly exceeds the echogenicity of the kidneys. Shear wave ultrasound elastography technology allows to obtain quantitative indicators of the stiffness of the liver parenchyma and more objectively assess the state of the liver parenchyma.

Keywords: NAFLD, CVS pathology, comorbid pathology, ultrasound signs, liver echogenicity, ultrasound diagnostics, ultrasound elastography.

Аннотация. Ультразвуковая диагностика является перспективным направлением выявления коморбидной патологии у пациентов с неалкогольной жировой болезнью печени и заболеваниями сердечно-сосудистой системы. Основной контингент больных — люди с избыточной массой тела и ожирением. Центральная роль в развитии неалкогольной жировой болезни печени принадлежит избыточному накоплению свободных жирных кислот и отложению их производных в печени в условиях инсулинорезистентности. Не только неалкогольная жировая болезнь печени способна влиять на развитие сердечно-сосудистых заболеваний, но и наоборот, некоторые кардиоваскулярные патологии усугубляют течение неалкогольной жировой болезни печени. Важным диагностическим признаком является наличие стеатоза в 5% и более гепатоцитов. Клиническая картина неалкогольной жировой болезни печени не имеет определенных особенностей. В качестве основных УЗ-признаков неалкогольной жировой болезни печени выделяют: диффузное увеличение яркости печеночной паренхимы (яркая белая печень), неоднородность структуры, нечеткость и/или подчеркнутость сосудистого рисунка. Эхо-сигнал затухает дистально. Эхогенность печени существенно превышает эхогенность почек. Технология ультразвуковой эластографии сдвиговой волной позволяет получить количественные показатели жесткости паренхимы печени и более объективно оценить состояние паренхимы печени.

Ключевые слова: неалкогольная жировая болезнь печени, патология сердечно-сосудистой системы, коморбидная патология, УЗ-признаки, эхогенность печени, УЗИ-диагностика, ультразвуковая эластография.

В различных странах частота выявления неалкогольной жировой болезни печени (далее — НАЖБП) колеблется и составляет в среднем 20–33% среди взрослого населения. Среди людей, страдающих от ожирения или сахарного диабета 2-го типа (СД2), распространенность НАЖБП увеличивается до 70–90%. В России, по данным крупномасштабного исследования DIREG 2, частота НАЖБП в 2007 г. составляла 27%, а в 2014 — уже 37,1% (прирост больше 10%), что делает ее самым распространенным заболеванием печени — 71,6%. Приблизительно у 30–40% больных НАЖБП возникает неалкогольный стеатогепатит, из них

у 40–50% развивается фиброз печени. В то же время, как показало шведское исследование среди пациентов, наблюдавшихся у врачей в течение 26 лет с морфологически подтвержденной НАЖБП, фиброз печени можно считать важным предиктором общей смертности и смертности, обусловленной болезнями печени. НАЖБП способствует увеличению риска развития СД2, сердечно-сосудистых, онкологических заболеваний, а также болезней почек [16].

В 2018 г. показано, что НАЖБП — вторая по значимости причина трансплантации печени в США, а по про-

гнозам, к 2030 году она выйдет на первое место. В целом НАЖБП повышает уровень смертности от любых причин [13].

Рост количества больных с хроническими диффузными заболеваниями печени, в том числе НАЖБП, ставит перед врачами различных специальностей задачи, касающиеся необходимости точной диагностики и возможности мониторинга степени стеатоза паренхимы органа [1; 2; 6; 11].

Отсутствие симптоматики на ранних стадиях болезни в большинстве случаев, неуклонный рост заболеваемости НАЖБП, а также возникновение быстро прогрессирующих форм с последующей трансформацией в цирроз печени и гепатоцеллюлярную карциному создают необходимость своевременной диагностики данного заболевания [15]. Кроме того, НАЖБП сопровождается системным воспалением, что влечет за собой высокую частоту коморбидных патологий. Все чаще встречается НАЖБЛ и ассоциированная с ней патология сердечно-сосудистой системы, что актуализирует необходимость своевременной и корректной диагностики состояния. Сегодня ультразвуковая диагностика является перспективным направлением выявления коморбидной патологии у пациентов с НАЖБП и заболеваниями сердечно-сосудистой системы [12].

Цель исследования — проанализировать особенности клинической и ультразвуковой картины патологии у лиц с хронической неалкогольной жировой болезнью печени и ассоциированной с ней патологией сердечно-сосудистой системы.

НАЖБП рассматривается как системное мультифакториальное хроническое заболевание печени, не связанное с употреблением алкоголя в гепатотоксичных дозах. НАЖБП ассоциирована с высоким риском развития коморбидной патологии, в частности, с высоким риском развития сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета 2 типа, прогрессирования патологии печени. НАЖБП представляет собой избыточное накопление жира в печени, что зачастую связано с инсулинорезистентностью [10].

Основной контингент больных — люди с избыточной массой тела и ожирением. Центральная роль в развитии НАЖБП принадлежит избыточному накоплению свободных жирных кислот и отложению их производных в печени в условиях инсулинорезистентности, что вызывает прямое и опосредованное повреждение гепатоцитов, реакции оксидативного стресса, воспаление с выделением большого количества цитокинов и хемокинов, а также активацию звездчатых клеток Ито, имеющих ведущую роль в запуске фиброгенеза.

Постоянная индукция фиброгенеза в печени запускает порочный круг, включающий в себя явление «капилляризации синусоидов», нарушение процессов обмена между гепатоцитами и кровью, что в конечном итоге приводит к развитию портальной гипертензии и цирроза печени [15].

Дополнительное повреждающее воздействие на мембраны клеток оказывают продукты свободнорадикального окисления, в результате чего развивается хроническое воспаление [14]. У пациентов с НАЖБП регистрируется уменьшение уровня адипонектина и повышение уровня лептина. Адипонектин — это гормон, вырабатываемый клетками жировой ткани, обладающий противовоспалительным (за счет снижения продукции ФНО- α и интерлейкина-6), кардиопротективным и антистеатотическим (за счет усиления окисления свободных жирных кислот) действиями. Лептин — это пептидный гормон, секретируемый, в основном, адипоцитами, выделение которого прямо пропорционально жировой массе и обеспечивает эффект «анти-ожирения» за счет активации гипоталамических клеток [7]. Соответственно, снижение адипонектина приводит к развитию системного воспаления, метаболических нарушений, избыточной массы тела/ожирения, что влечет за собой патологию сердечно-сосудистой системы (ССС) [13].

Ряд авторов указывает на то, что у пациентов с НАЖБП и коморбидной патологией ССС существуют известные общие факторы риска, например, эндотелиальная дисфункция, оксидативный стресс, воспаление, дислипидемия, сахарный диабет, ожирение, метаболический синдром и др. [18], а также выделяют «новые» факторы риска, такие, как увеличение толщины эпикардального жира и утолщение комплекса интима-медиа, развитие эндотелиальной дисфункции, увеличение С-реактивного белка (СРБ), гиперурикемия, гипoadипонектинемия и гиповитаминоз D [4; 5; 7; 15; 16; 19]. Все это существенно повышает риск развития атеросклероза, ишемической болезни сердца, фибрилляции предсердий, инфаркта миокарда. Показан высокий риск развития кардиоваскулярной патологии, цереброваскулярных заболеваний. У многих пациентов нарушается мозговое кровообращение, развиваются тяжелые неврологические нарушения. Существуют данные о связи НАЖБП и развитием нарушений ритма сердца [19].

Отметим, что у пациентов с НАЖБП фибрилляция предсердий (ФП) встречается в 2,5 раза чаще, чем у лиц без патологии печени. Наличие НАЖБП тесно связано с увеличением интервала QT, что в свою очередь приводит к развитию желудочковых аритмий и повышению риска внезапной сердечной смерти. НАЖБП — незави-

симый предиктор повышения жесткости артериальной стенки, что приводит к развитию артериальной гипертензии. У больных с неалкогольным поражением печени АГ встречается в 49,5% случаев, в то время как у людей со здоровой печенью частота составляет 38,5%. НАЖБП усугубляет течение ХСН [13].

Не только НАЖБП способна влиять на развитие ССЗ, но и наоборот, некоторые кардиоваскулярные патологии усугубляют течение НАЖБП. При наличии артериальной гипертензии повышается риск развития НАЖБП даже после поправки на индекс массы тела и количество жировой ткани. Нарушение периферического кровообращения при АГ, атеросклеротическое поражение сосудов, формирование венозного застоя при хронической правожелудочковой недостаточности приводят к еще более значимому повреждению гепатоцитов, что не может не отразиться на состоянии гепатобилиарной системы. Таким образом, «порочный круг» замыкается [13].

Важным диагностическим признаком является наличие стеатоза в 5% и более гепатоцитов. Последствия могут быть различными, вплоть до развития стеатогепатита, фиброза, цирроза и гепатоцеллюлярной карциномы, печеночной недостаточности и рака печени [10]. Наличие выраженного фиброза, особенно на стадиях F3 (мостовидного фиброза) и F4 (цирроза), служит индикатором неблагоприятного прогноза у больных НАЖБП [15].

Клиническая картина НАЖБП не имеет определенных особенностей. Долгое время заболевание может протекать асимптомно или с наличием минимальных изменений, не коррелирующих с реальным состоянием здоровья пациента. Чаще наблюдаются общеклинические симптомы различных степеней выраженности. В 75% случаев стеатоз протекает с наличием изолированного астенического синдрома. До 30% больных предъявляют жалобы на боли и дискомфорт в правом подреберье, связанные с приемом пищи [3].

Для диагностики необходима комплексная оценка имеющихся данных, в том числе результатов инструментальной и лабораторной диагностики. Для постановки дифференциального диагноза необходимо знать особенности клинической и ультразвуковой картины патологии. Огромная значимость отводится ранней диагностике патологии, которая позволяет выявить ранние признаки заболевания, принять соответствующие меры. УЗИ печени рекомендуется в качестве метода первой линии диагностики, так как отличается высокой диагностической точностью, чувствительностью и специфичностью. В качестве основных УЗ-признаков НАЖБП выделяют: диффузное увеличение яркости печеночной паренхимы (яркая белая печень), неоднородность

структуры, нечеткость и/или подчеркнутость сосудистого рисунка. Эхо-сигнал затухает дистально. Эхогенность печени существенно превышает эхогенность почек [10].

По данным О.А. Савченко и соавт. [9], у пациентов с НАЖБП были выявлены следующие УЗ-признаки патологии: увеличение размеров печени, повышенная эхогенность, сниженная звукопроводимость печени. В настоящее время имеется возможность определять стадию НАЖБП в В-режиме:

Степень 1: диффузно повышенная эхогенность печени, но перипортальная и диафрагмальная эхогенность все еще заметна;

Степень 2: диффузно повышенная эхогенность печени, затеняющая перипортальную эхогенность, но диафрагмальная эхогенность все еще заметна;

Степень 3: диффузно повышенная эхогенность печени, а также диафрагмальная эхогенность [9].

С расширением протокола мультипараметрического ультразвукового исследования режимом эластографии сдвиговой волной (ЭСВ) появилась дополнительная возможность обнаружения неоднородности паренхимы печени за счет возможности измерения деформации в тканях по скорости сдвиговой волны, возбуждаемой фокусированным ультразвуком. ЭСВ может стать универсальным способом и для оценки раннего фиброза печени и рассматриваться как инструмент динамического мониторинга за состоянием печени [3].

Метод эластографии и эластометрии сдвиговой волной является достаточно информативным методом для скрининговой диагностики неалкогольной жировой болезни печени и применим для диагностики различных стадий фиброза и стеатоза печени пациентов с НАЖБ. По результатам эластографии и эластометрии методом мультипараметрической ультразвуковой диагностики, проведенным М.Ю. Серковой и соавт. [11], выявлено, что у пациентов с НАЖБ изменения паренхимы печени по типу стеатоза наблюдались в 100% случаев, при этом у 34 (65,3%) человек стеатоз соответствовал максимально высоким показателям S3 (>290 дБ/м), у 15 (30,7%) показатели соответствовали степени стеатоза S2 (>230 дБ/м) и только у 3 (5,7%) пациентов степень стеатоза соответствовала S1-S0, при этом средние показатели составили 267±27 дБ/м. Степень фиброза у пациентов с НАЖБ составила F1 по Metavir у 21 (у 40,3%), у остальных пациентов изменений паренхимы по типу фиброза выявлено не было (F0-у 31(59,7%)). Средние значения F- 5,79±0,69 кПа, что соответствует нормальным значениям [11].

По данным УЗИ, проведенного М.А. Пирматовой и соавт. [8], жировой гепатоз был выявлен у 52 (40%)

человек, из них у 45 (34,6%) имела место различная степень ожирения. Признаками гепатоза при УЗИ явились: повышение эхогенности печени, обеднение сосудистого рисунка при неизменной структуре органа. Гиперэхогенность печени отмечалась у 43 (33,1%) больных, преимущественно в группе с гиперпролактинемией опухолевого генеза и наличием ожирения, кроме того, у 34 (26,1%) из них выявлена умеренная гепатомегалия до 1,5 см. В группе больных с неопухолевым генезом гиперпролактинемии данные признаки отмечались лишь у 7 (5,4%) пациентов [8].

В исследованиях В.Н. Диомидовой [3], показано, что жесткость печени при наличии стеатоза у больных НАЖБП по значениям медианы E_{mean} составила 11,2 кПа (2,5–97,5-й перцентили — 8,3–12,6 кПа), E_{max} — 27,8 (23,2–33,1) кПа, SD — 3,0 (1,8–3,5) кПа. Установлено, что информативность методов одномерной и двумерной эластографии сдвиговой волной в определении показателей жесткости печени при НАЖБП была выше при их сочетанном использовании (чувствительность,

специфичность и точность достигли 94,0%, 97,8%, 94,9% соответственно) [3].

Таким образом, НАЖБП является серьезной патологией. Отмечается выраженная двусторонняя корреляционная зависимость между патологией ССС и НАЖБП. Так, НАЖБП провоцирует развитие многих заболеваний ССС, в то время как патология ССС усугубляет течение НАЖБП. Все это говорит о необходимости своевременной диагностики НАЖБП. В настоящее время у пациентов с НАЖБП обращают внимание в основном на показатели биохимического анализа крови, по данным УЗИ (В-режим) оценка проводится в основном по размерам печени, а оценка изменения эхогенности паренхимы является очень субъективной и операторозависимой. Технология ультразвуковой эластографии сдвиговой волной позволяет получить количественные показатели жесткости паренхимы печени и более объективно оценить состояние паренхимы печени, в том числе и в динамике, что помогает более точно оценить эффективность проведенного лечения [17].

ЛИТЕРАТУРА

1. Вендиктова Д.Ю. Ультразвуковой метод количественной оценки стеатоза печени у пациентов с избыточной массой тела и ожирением // Смоленский медицинский альманах. — 2017. — № 1. — С. 55–59.
2. Галушко М.Ю., Ищенко А.Ю., Бакулин И.Г. Жамакочян К.Ц., Никифоров А.А. Сонэластография сдвиговой волной в оценке фиброза печени // Профилактическая и клиническая медицина. — 2019. — № 2 (71). — С. 35–39.
3. Диомидова В.Н., Тарасова Л.В., Трухан Д.И., Цыганова Ю.В., Виноградова В.С. Информативность эластографии сдвиговой волной с эластометрией при неалкогольной жировой болезни печени // Практическая медицина. — 2018. — № 1 (112). — С. 81–85.
4. Дралкина О.М., Корнеева О.Н. Континуум неалкогольной жировой болезни печени: от стеатоза печени до сердечно-сосудистого риска // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. — 2016. — № 4. — С. 424–429.
5. Журавлёва А.К. Неалкогольная жировая болезнь печени как предиктор сердечно-сосудистых заболеваний и сахарного диабета 2 типа // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. — 2019. — № 165 (5). — С. 144–149.
6. Ивашкин В.Т., Маевская М.В., Павлов Ч.С. Клинические рекомендации по диагностике и лечению неалкогольной жировой болезни печени Российского общества по изучению печени и Российской гастроэнтерологической ассоциации // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. — 2016. — № 2. — С. 24–42.
7. Ливзан М.А., Гаус О.В., Николаев Н.А. Кролевец Т.С. НАЖБП: коморбидность и ассоциированные заболевания // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. — 2019. — № 170 (10). — С. 57–65.
8. Пирматова М.А., Анварова Ш.С., Авезов С.А. Гиперпролактинемия и неалкогольная жировая болезнь печени // Вестник Академии медицинских наук Таджикистана. — 2017. — № 1. — С. 68–71.
9. Савченко О.А., Вендиктова Д.Ю. Инструментальная диагностика неалкогольной жировой болезни печени в многопрофильном стационаре // Смоленский медицинский альманах. — 2018. — № 1. — С. 97–100.
10. Семененкова А.Н. Диагностика неалкогольной жировой болезни печени // Медицинские новости. — 2019. — № 11. — С. 4–9.
11. Серкова М.Ю., Скворцова Т.Э., Бакулин И.Г. Диагностические возможности метода эластографии и стеатометрии сдвиговой волны у пациентов с неалкогольной жировой болезнью печени // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. — 2020. — С. 184(12). — С. 49–52.
12. Стаценко М.Е., Туркина С.В., Косивцова М.А., Тыщенко И.А. Неалкогольная жировая болезнь печени как мультисистемное заболевание // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. — 2016. — № 2 (58). — С. 8–14.
13. Тимакова А.Ю., Скирденко Ю.П., Ливзан М.А., Кролевец Т.С., Николаев Н.А., Нелидова А.В. Кардиоваскулярная коморбидность при неалкогольной жировой болезни печени // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. — 2020. — № 182(10). — С. 88–95.
14. Тирикова О.В., Козлова Н.М., Елисеев С.М., Гумеров Р.Р. Неалкогольная жировая болезнь печени и ее роль в развитии сердечно-сосудистых заболеваний // Сибирский медицинский журнал. — 2015. — № 1. — С. 30–36.
15. Широкова Е.Н. Неалкогольная жировая болезнь печени, гиперлипидемия и сердечно-сосудистые риски // Consilium Medicum. — 2017. — № 19. — С. 74–76.

16. Широкова Е.Н., Павлов Ч.С., Карасёва А.Д., Алиева А.М., Седова А.В., Ивашкин В.Т. Эластография в диагностике неалкогольной жировой болезни печени // Вестник РАМН. — 2019. — № 74(1). — С. 5–13.
17. Янгуразова А.Е., Тухбатуллин М.Г., Галеева З.М. Комплексная ультразвуковая диагностика в оценке состояния печени у пациентов с неалкогольной жировой болезнью печени на фоне лечения // Современные проблемы диагностики в медицине. — 2016. — № 9(101). — С. 74–77.
18. Ismaiel A. Cardiovascular Risk in Fatty Liver Disease: Th e Liver-Heart Axis — Literature Review // Frontiers in Medicine. — 2019. — № 6. — P. 1–18.
19. Käräjämäki A.J., Päätsi O.P., Savolainen M., Kesäniemi Y.A., Huikuri H., Ukkola O. Non- Alcoholic Fatty Liver Disease as a Predictor of Atrial Fibrillation in Middle-Aged Population (OPERA Study) // PLoS ONE. — 2015. — № 10(11). — P. 1–13.

© Кузьмина Юлия Борисовна (kujubo@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Ростов-на-Дону

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧЕК ИММУННОГО ОТВЕТА У ПАЦИЕНТОВ СО ЗЛОКАЧЕСТВЕННОЙ ОПУХОЛЬЮ, ПОЛУЧАЮЩИХ ИММУННУЮ ТЕРАПИЮ

Мочалова Анастасия Сергеевна

Кандидат медицинских наук

Клиническая больница № 1 Медси, Отрадное.

Заведующий Отделением противоопухолевой

лекарственной терапии

denisovaas@mail.ru

DETERMINATION OF IMMUNE RESPONSE CHECKPOINTS IN CANCER PATIENTS RECEIVING IMMUNE THERAPY

A. Mochalova

Summary. Objective. Determination of immune response checkpoints and evaluation of the efficacy of immune checkpoint inhibitors in the treatment of patients with melanoma.

Materials and methods of work. The study involved 50 patients (mean age 64.82 ± 3.24 years) suffering from melanoma of various localization and receiving systemic therapy (including surgical treatment): 21 men (mean age 62.92 ± 3.15 years) and 29 women (mean age 66.17 ± 3.31). From the moment of inclusion in the study, patients received immunotherapy — a PD-1 blocker (nivolumab/pembrolizumab). During the treatment, no clinically significant side effects were noted, the therapy was tolerated satisfactorily. Control immune points (PD-1, PDL-1, B7-H3, sHLA, CD314-1, sULPB) were determined three times. For structuring and processing of statistical data, we used Microsoft Excel from the Microsoft Office software package and the software package for statistical analysis STATISTICA. The obtained values were considered statistically significant at $p < 0.05$.

Results. Significantly ($p < 0.05$), often a complete response was recorded in women of the study group; stabilization of the condition was more often observed in men (66.67% and 58.62%, respectively). There was a pronounced trend towards a decrease in the indicators of control points: PD-1 and B7-H3, an increase in CD314-1, sHLA.

Output. Performing further studies to study the features of antitumor therapy for melanoma using PD-1 blockers will optimize the treatment tactics for managing patients in this category, as well as improve the prognosis of the course of the disease and life.

Keywords: checkpoints, melanoma, immunotherapy, PD-1, PDF-1.

Аннотация. Цель работы. Определение контрольных точек иммунного ответа и оценка эффективности применения ингибиторов иммунных контрольных точек при лечении пациентов с меланомой.

Материалы и методы работы. В работе приняли участие 50 пациентов (средний возраст $64,82 \pm 3,24$ лет), страдающих меланомой различной локализации и получивших системную терапию (в том числе хирургическое лечение): 21 мужчина (средний возраст $62,92 \pm 3,15$ лет) и 29 женщин (средний возраст $66,17 \pm 3,31$). С момента включения в исследование пациенты получали иммунотерапию — блокатор PD-1 (ниволумаб/пембролизумаб). На фоне лечения клинически значимых побочных явлений не отмечалось, терапию переносили удовлетворительно. Контрольные иммунные точки (PD-1, PDL-1, B7-H3, sHLA, CD314-1, sULPB) определялись трехкратно. Для структурирования и обработки статистических данных в работе использовался Microsoft Excel из комплекса программного обеспечения пакета Microsoft Office и программный пакет для статистического анализа STATISTICA. Полученные значения считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. Достоверно ($p < 0,05$) часто полный ответ регистрировался у женщин исследуемой группы; стабилизация состояния чаще наблюдалась у мужчин (66,67% и 58,62% соответственно). Отмечалась выраженная тенденция снижения показателей контрольных точек: PD-1 и B7-H3, увеличения CD314-1, sHLA.

Вывод. Выполнение дальнейших исследований для изучения особенностей противоопухолевой терапии меланомы с применением блокаторов PD-1 позволит оптимизировать лечебную тактику ведения пациентов данной категории, а также улучшить прогноз течения заболевания и жизни.

Ключевые слова: контрольные точки, меланомы, иммунотерапия, PD-1, PDF-1.

Введение

Развитие, поддержание и завершение иммунного ответа на воздействие различных патогенов возможно только при наличии взаимодействия Т-лимфоцитов с другими клетками организма на молекулярном уровне.

Процесс запуска активации Т-лимфоцитов осуществляется в результате взаимодействия Т-клеточного рецептора (TCR: T Cell Receptor) с антигенным пептидом- МНС (Major Histocompatibility Complex) [1,2]. В данном процессе важная роль также отводится сигналам, доставляемым ко-стимуляторными молекулами семейства В7, которые определяют силу и эффективность иммунного ответа. Изучение литературных данных позволяет утверждать, что сигнал только через TCR в отсутствие ко-стимуляции приводит к развитию Т-клеточной анергии, или неспособности Т-лимфоцитов отвечать на последующее взаимодействие с антигеном [3]. Другие молекулы семейства В7 приводят к снижению иммунного ответа, что необходимо для поддержания толерантности к собственным антигенам. Соблюдение баланса между ко-стимуляторными и ингибиторными сигналами обеспечивает Т-клеточный ответ против патогенов и толерантность к собственным антигенам. Молекулы семейства В7, которые снижают иммунный ответ, получили название точек контроля иммунного ответа (immune check-points) [4].

В семейство В7 входят такие белки, как CD80 (В7.1), CD86 (В7.2), В7-Н1 (PD-L1 или CD274), В7-DC (PD-L2 или CD273), В7-Н2 (ICOSL), В7-Н3 (CD276), В7-Н4 (В7S1, В7х или Vtcn1), В7- Н5 (VISTA, Gl24, Dies1 или PD-1Н), В7-Н6 и В7-Н7 (HHLA2). Все эти молекулы могут быть мишенями для разработки новых иммуномодуляторных препаратов для терапии онкологических заболеваний, поскольку их экспрессия обнаружена на поверхности многих злокачественных клеток [5,6]. Блокада точек контроля иммунного ответа недавно стала одной из наиболее успешных стратегий иммунотерапии онкологических заболеваний.

Цель работы

Определение контрольных точек иммунного ответа и оценка эффективности применения ингибиторов иммунных контрольных точек при лечении пациентов с меланомой.

Материалы и методы исследования

В работе приняли участие 50 пациентов (средний возраст $64,82 \pm 3,24$ лет), страдающих меланомой различной локализации и получивших системную тера-

пию (в том числе хирургическое лечение): 21 мужчина (средний возраст $62,92 \pm 3,15$ лет) и 29 женщин (средний возраст $66,17 \pm 3,31$).

Характеристика пациентов по стадии и локализации представлена в таблице 1 и на рисунке 1.

В исследовании были включены пациенты со следующими гистологическими вариантами меланомы: эпителиоидноклеточная, пигментная, беспигментная, полиморфноклеточная (рисунок 2).

Все пациенты с момента включения в исследование получали иммунотерапию — блокатор PD-1(ниволумаб/пембролизумаб). На фоне лечения клинически значимых побочных явлений не отмечалось, терапию переносили удовлетворительно.

Результаты лечения на фоне иммунотерапии оценивались трехкратно за период приема препаратов с анализом данных общего анализа крови, общего анализа мочи, биохимического исследования крови, компьютерной томографии органов грудной клетки и контрольных иммунных точек (PD-1, PDL-1, В7-Н3, sHLA, CD314–1, sULPB).

Для структурирования и обработки статистических данных в работе использовался Microsoft Excel и программный пакет STATISTICA. Полученные результаты считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследования

Сравнительный анализ динамики общего состояния пациентов на третьем визите после иммунотерапии представлен на рисунке 3.

Сравнительная характеристика исходов лечения пациентов с меланомой соответственно гендерному признаку после иммунотерапии представлена на рисунке 4.

Представленные данные свидетельствуют о достоверно ($p < 0,05$) частой регистрации достижения полного ответа у женщин исследуемой группы; стабилизация состояния чаще наблюдалась у мужчин (66,67% и 58,62% соответственно).

Летальный исход на фоне прогрессирования основного заболевания в течение терапии был зафиксирован у 2 мужчин (9,52% случаев: IV стадия заболевания) и у 1 женщины (4,76% случаев: IV стадия заболевания); от сопутствующей патологии: у 1 мужчины (4,76% случаев) и у 1 женщины (3,45% случаев). Достоверно большее количество пациентов, как среди женщин, так и среди

Таблица 1. Сравнительная характеристика пациентов по стадиям заболевания.

Стадия	Мужчины		Женщины	
	Абс	%	Абс	%
I A	2	9,52	2	6,89
I B	3	14,29	6	20,69
II A	3	14,29	3	10,34
II B	3	14,29	3	10,34
II C	2	9,52	6	20,69
III A	0	0	1	3,45
III B	1	4,76	0	0
III C	4	19,05	6	20,69
III D	1	4,76	0	0
IV	2	9,52	2	6,89
Всего	21	100	29	100

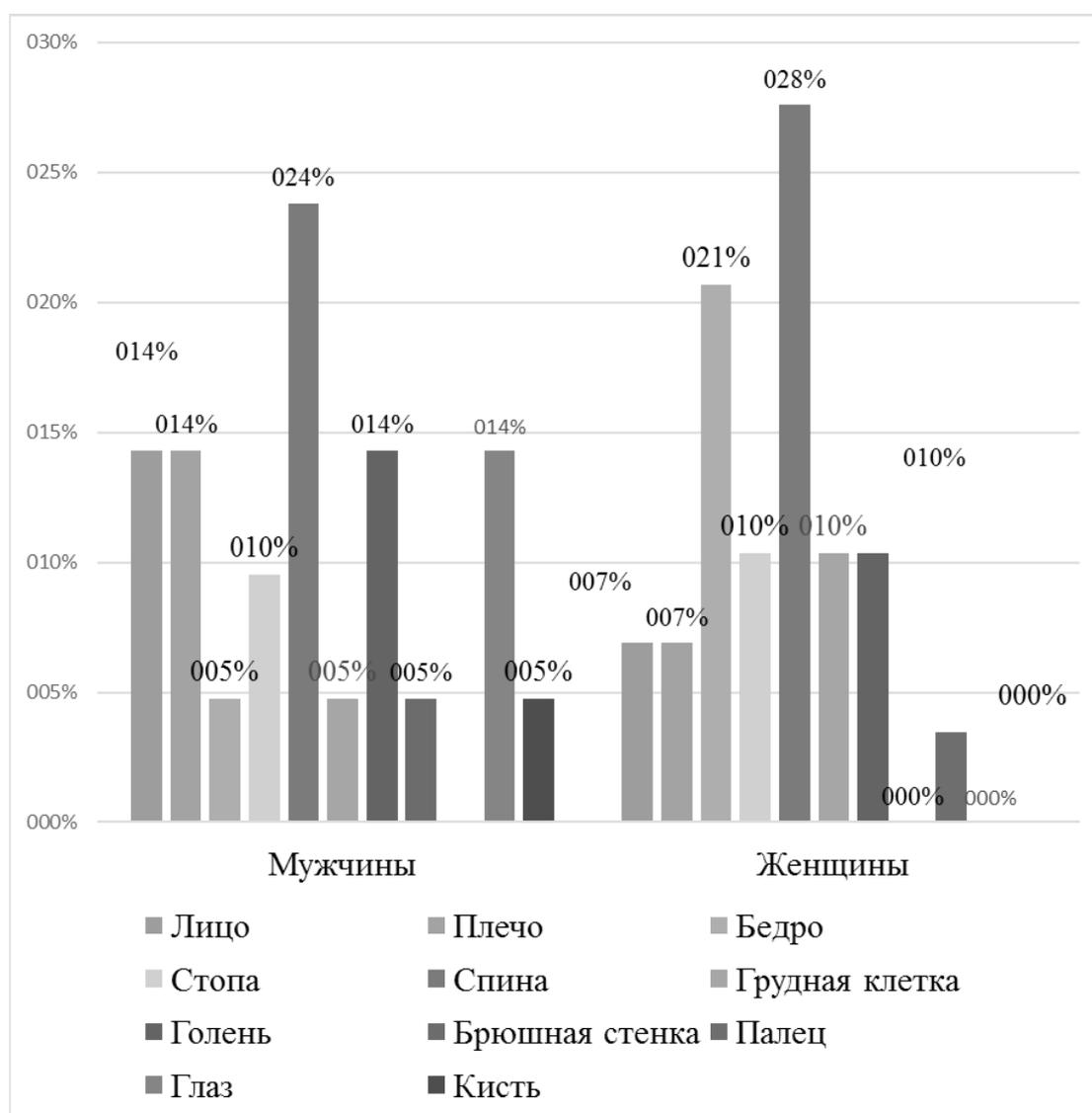


Рисунок 1. Сравнительная характеристика пациентов с различными локализациями злокачественного новообразования (в процентном соотношении).



Рис. 2. Сравнительная характеристика основных гистологических типов меланомы у пациентов, принимавших участие в исследовании (в процентном соотношении)
 Примечание: * $p < 0,05$ -достоверность различия признака в группе мужчин; # $p < 0,05$ -достоверность различия признака в группе женщин.

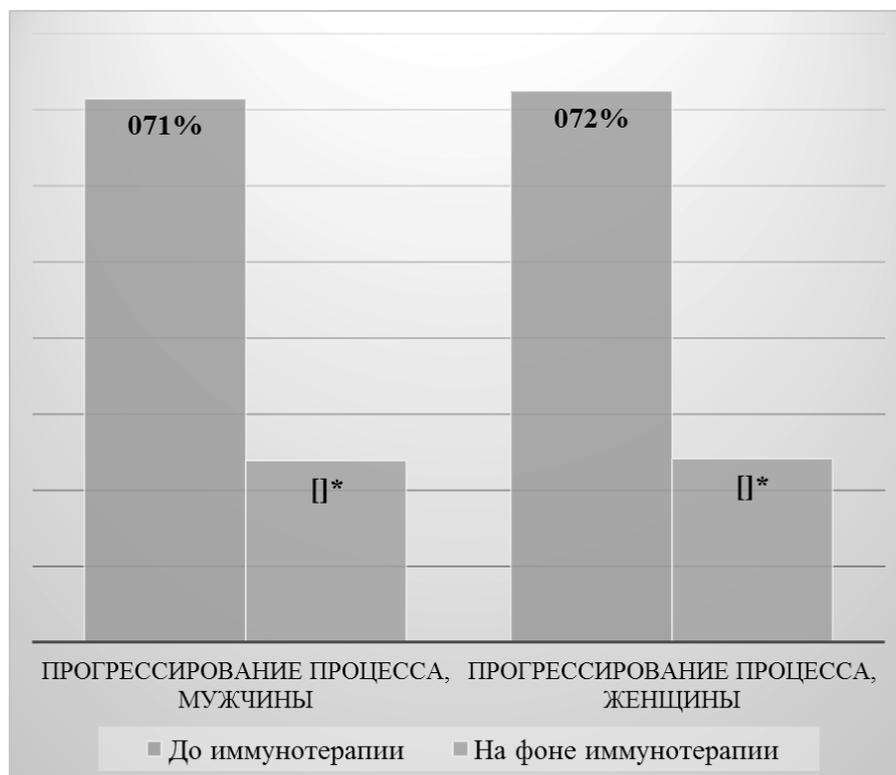


Рис. 3. Сравнительная оценка прогрессирования меланомы до проведения иммунотерапии и после
 Примечание: * $p < 0,05$ -достоверность различия признака между группами.

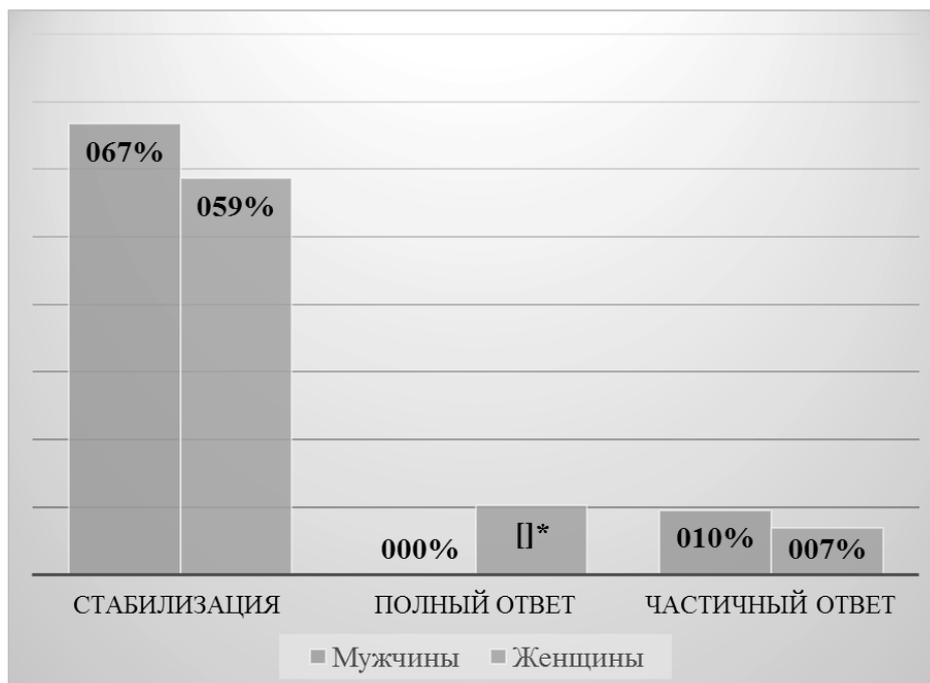


Рис. 4. Сравнительная характеристика исходов лечения пациентов с меланомой соответственно гендерному признаку после иммунотерапии (в процентном соотношении)
Примечание: * $p < 0,05$ -достоверность различия признака между группами.

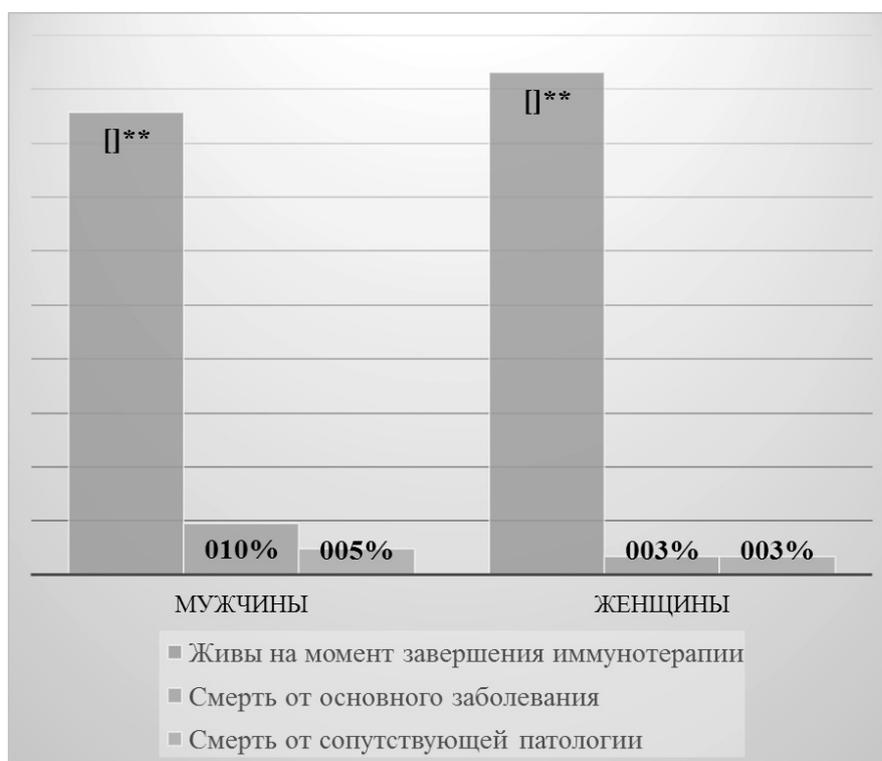


Рис. 5. Сравнительная характеристика статуса пациентов соответственно гендерному признаку на момент завершения лечения (в процентном соотношении)
Примечание: ** $p < 0,01$ -достоверность различия признака между группами.

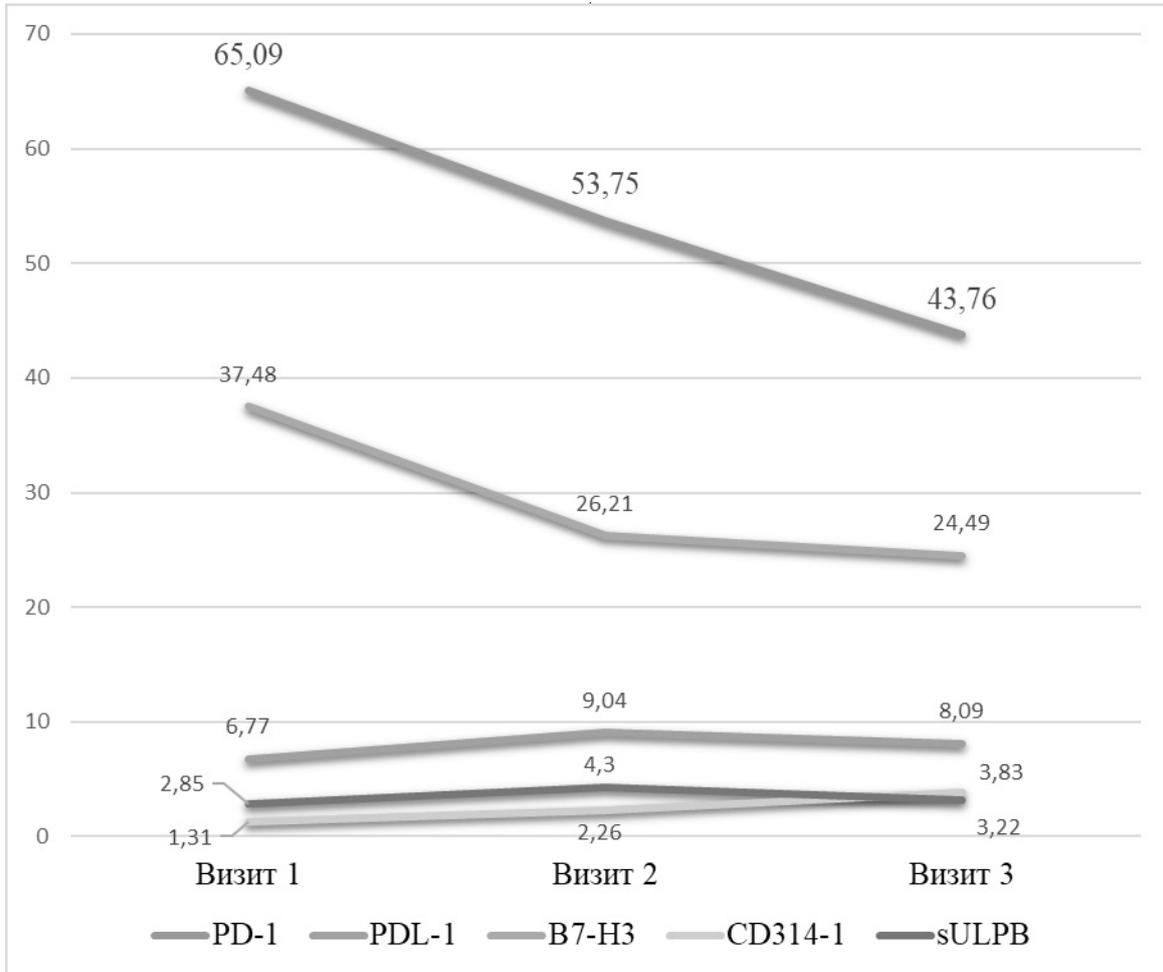


Рис. 6. Динамика показателей контрольных иммунных точек (PD-1, PDL-1, B7-H3, CD314-1, sULPB) в течение 3-х визитов среди пациентов мужского и женского пола при приеме блокаторов PD-1



Рис. 7. Динамика показателя контрольной иммунной точки (sHLA) в течение 3-х визитов среди пациентов мужского и женского пола при приеме блокаторов PD-1

мужчин, были живы на момент завершения исследования ($p < 0,01$) (Рисунок 5).

Динамика контрольных иммунных точек в течение 3 визитов среди пациентов мужского и женского пола при приеме блокаторов PD-1 представлена на Рисунках 6 и 7.

Представленные данные свидетельствуют о выраженной тенденции снижения показателей контрольных точек: PD-1, B7-H3 и увеличении CD314-1, sHLA.

Обсуждение результатов

Меланома является одним из злокачественных новообразований, которое характеризуется быстрым прогрессированием и распространением метастатического процесса [7]. Поиск новых методов терапии данной патологии с учетом персонифицированного подхода представляется одним из перспективных направлений в современной онкологии. Эффективность использования иммуноонкологических препаратов, таких как бло-

каторы PD-1 (ниволумаб и пембролизумаб), в лечении меланомы несомненна (в том числе и метастатической), что подтверждается результатами многочисленных международных исследований [8,9]. В нашем клиническом опыте также было продемонстрировано, что применение указанной группы препаратов позволяет в большинстве случаев стабилизировать состояние пациента. При этом необходимо отметить, что несмотря на определение контрольных точек иммунного ответа на всех трех визитах, продолжают оставаться открытыми вопросы их взаимодействия с целью поддержания целостной системы организма и вклад отдельно каждой молекулы в достижение зарегистрированного результата.

Вывод

Выполнение дальнейших исследований для изучения особенностей противоопухолевой терапии меланомы с применением блокаторов PD-1, позволит оптимизировать лечебную тактику ведения пациентов данной категории, а также улучшить прогноз течения заболевания и жизни.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шаповал А.И., Подлесных С.В., Колосова Е.А., Щербakov Д.Н. Новые точки контроля иммунного ответа для иммунотерапии онкологических заболеваний. Российский онкологический журнал. 2017; 22 (4): 175–179 (Shapoval A.I., Podlesnykh S.V., Kolosova E.A., Shcherbakov D.N. New points of control of the immune response for immunotherapy of cancer. Russian Journal of Oncology. 2017; 22 (4): 175–179 [in Russ]).
2. Raedler L.A. Opdivo (Nivolumab): Second PD-1 Inhibitor Receives FDA Approval for Unresectable or Metastatic Melanoma. Am. Health Drug Benefits. 2015;8 (Spec Feature): 180–183.
3. Mahoney K.M., Rennert P.D., Freeman G.J. Combination cancer immunotherapy and new immunomodulatory targets. Nat. Rev. Drug Discov. 2015; 14(8): 561–84.
4. Guo J.G., Guo C.C., He Z.Q., Liu Z.G., Wang Y., et al. Clinical significance of B7-H6 protein expression in astrocytoma. Onco Targets Ther. 2016; 9: 3291–3297.
5. Янус Г.А., Иевлева А.Г., Суспицын Е.Н., Тюрин В.И., Бизин И.В. и др. Предиктивные маркеры ответа на блокаторы контрольных точек иммунного ответа. Сибирский онкологический журнал. 2020;19(4):123–131.
6. Rizvi N.A., Hellmann M.D., Snyder A., Kvistborg P., Makarov V., et al. Cancer immunology. Mutational landscape determines sensitivity to PD-1 blockade in non-small cell lung cancer. Science. 2015; 348(6230): 124–8. doi: 10.1126/science.aaa1348.
7. Davis L.E., Shalin S.C., Alan J. Tackett Current state of melanoma diagnosis and treatment. Cancer Biol Ther. 2019; 20(11): 1366–1379.
8. Орлова Р.В., Тюкавина Н.В., Глузман М.И., Протасова А.Э., Раскин Г.А. и др. Случай использования ингибитора контрольных точек у больной раком шейки матки в реальной клинической практике. Злокачественные опухоли. 2019; 9(2): 74–80
9. Tewari K.S., Sill M.W., Long H.J. Improved survival with bevacizumab in advanced cervical cancer. N Engl J Med. 2014; 370 (8): 734–743.

© Мочалова Анастасия Сепреевна (denisovaas@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСОБЕННОСТИ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С МАКРОДОНТИЕЙ

FEATURES OF TREATMENT
OF PATIENTS WITH MACRODONTIA

M. Rozhkova
S. Fishchev
A. Lepilin
A. Klimov
A. Sevastyanov
I. Orlova
M. Puzdyreva
R. Subbotin
V. Popov

Summary. The modern development of orthodontic technology has made it possible to limit the indications for the removal of individual teeth. As a rule, the absolute indications for tooth extraction in patients with anomalies and deformities are supercomplete teeth of abnormal shape, making it difficult for complete teeth to erupt or breaking the shape of dental arches. They offer to remove teeth with relative and absolute macrodontia. However, to date, indications for the removal of individual teeth in macrodontism have not been determined, depending on the severity of the discrepancy between the size of the teeth and the parameters of the dental arches.

Keywords: macrodontia, normodontia, microdontia, dental arches.

Рожкова Мария Геннадьевна

Ассистент, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
rozmaria2010@yandex.ru

Фищев Сергей Борисович

Д.м.н., профессор, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
super.kant@yandex.ru

Лепилин Александр Викторович

Д.м.н., профессор, Саратовский государственный
медицинский университет имени В.И. Разумовского
Министерства здравоохранения РФ
lepilins@mail.ru

Климов Андрей Геннадьевич

К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
pstom4@zdrav.spb.ru

Севастьянов Аркадий Владимирович

Д.м.н., профессор, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
ardy.dkr@mail.ru

Орлова Ирина Викторовна

К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
orisha@mail.ru

Пуздырева Маргарита Николаевна

К.м.н., ассистент, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
seven-spb@yandex.ru

Субботин Роман Сергеевич

К.м.н., ассистент, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
roma.seregin.92@mail.ru

Попов Владимир Петрович

К.п.н., ассистент, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
vpopov5@mail.ru

Аннотация. Современное развитие ортодонтической техники позволило ограничить показания к удалению отдельных зубов. Как правило, абсолютными показаниями к удалению зубов у пациентов с аномалиями и деформациями являются сверхкомплектные зубы аномальной формы, затрудняющие прорезывание комплектных зубов либо нарушающих фор-



Введение

В настоящее время достаточно подробно изучены морфометрические особенности челюстно-лицевой области при физиологической окклюзии постоянных зубов (1, 3, 6, 8, 9, 15).

Особое внимание уделено окклюзионным взаимоотношениям, полученным после ортодонтического лечения пациентов с различными формами аномалий и деформаций челюстно-лицевой области. Указано, что после ортодонтического лечения с удалением отдельных зубов достигаются хорошие окклюзионные взаимоотношения, но они не соответствуют всем признакам физиологической окклюзии (ортогнатического прикуса). Такой вид смыкания зубов в клинике ортодонтии был определен как «оптимальная функциональная окклюзия» (2, 4, 7, 11, 12).

В то же время в работах отечественных и зарубежных специалистов даны характеристики макродонтизма постоянных зубов, которые, как правило, основываются на абсолютных размерах зубов, а не индивидуальных особенностях кранио-фациального комплекса. Абсолютной макродонтией, как правило, считают сумму мезиально-дистальных размеров коронок резцов верхней челюсти более 35 мм (5, 8, 9, 10, 13, 14, 16, 17).

Однако до настоящего времени не определены показания к удалению отдельных зубов при макродонтизме в зависимости от выраженности несоответствия размеров зубов параметрам зубочелюстных дуг. Не показана эффективность комплексного лечения пациентов с различной степенью несоответствия размеров зубов параметрам зубочелюстных дуг и кранио-фациального комплекса при макродонтизме. Требуется дальнейшее исследование окклюзионных взаимоотношений после ортодонтического лечения с удалением и без удаления зубов с учетом величины несоответствия размеров зубов параметрам зубных дуг при макродонтизме.

Цель исследования

Повышение эффективности лечения пациентов с макродонтизмом и несоответствием размеров зубов параметрам зубных дуг.

му зубных дуг. Предлагают удалять зубы при относительной и абсолютной макродонтии.

Однако до настоящего времени не определены показания к удалению отдельных зубов при макродонтизме в зависимости от выраженности несоответствия размеров зубов параметрам зубных дуг.

Ключевые слова: макродонтия, нормодонтия, микродонтия, зубные дуги.

Материалы и методы исследования

Проведены обследование и лечение 221 человека обоего пола, первого периода зрелого возраста.

Выделены две группы пациентов. У пациентов 1 группы (132 человека) окклюзия была физиологической и параметры зубочелюстных дуг соответствовали размерам зубов, причем у 83 человек размеры зубов соответствовали признакам нормодонтии, а у 49 человек — макродонтии.

У пациентов 2 (основной) группы была оптимальная функциональная окклюзия, при которой определялось несоответствие размеров зубов параметрам зубочелюстных дуг.

Пациенты 2 группы были распределены на 3 подгруппы. У 27 человек 2 группы 1 подгруппы определялось несоответствие размеров зубов параметрам зубочелюстных дуг первой степени (до 3 мм). При второй степени несоответствия определялся дефицит места от 3,1 до 6 мм у 38 человек 2 группы 2 подгруппы. Для пациентов 2 группы 3 подгруппы (24 человека) несоответствие размеров зубов параметрам зубочелюстных дуг составляло более 6,1 мм.

Морфометрические особенности лицевого скелета, зубов и зубных дуг сравнивали с параметрами, полученными у пациентов группы сравнения с физиологической окклюзией постоянных зубов при их макро- и нормодонтизме.

Кефалометрические измерения проводили с учетом указаний специалистов и в соответствии с требованиями антропометрии, которые предусматривали определение расстояния между точками, расположенными в одной плоскости, в положении головы с учетом франкфуртской горизонтали.

Дентофациальный индекс определяли как процентное отношение суммы мезиально-дистальных диаметров коронок четырех верхних резцов к ширине лица между точками “zy — zy”.

На гипсовых моделях верхней челюсти наносили точки для построения и морфометрических измерений зубочелюстных дуг. При исследовании зубочелюстных дуг предложены их три разновидности: зубная вестибулярная дуга, альвеолярная язычная (небная) дуга и зубоальвеолярная дуга.

Основными параметрами для измерения зубных дуг считали длину дуги, ширину дуги, глубину дуги и фронтально-дистальную диагональ. Лонгитудинальную длину зубных рядов определяли по методу Nance, как сумму мезиально-дистальных диаметров составляющих ее зубов. Зубы мудрости не включали в измерения, как наиболее переменные.

Для измерения наклона зубов, использовали модифицированный прибор, состоящий из транспорта, к координатной точке которого прикреплялся подвижный металлический стержень, указывающий на величину угла отклонения от координатной оси.

Телерентгенограммы получали с помощью цифрового панорамного аппарата «I-Max Touch» с цефалостатом фирмы «OWANDY» (Франция)

Предложен алгоритм определения макродонтизма с учетом денто-фациального индекса, расчета дентальных и интердентальных индексов, определения соответствия размеров зубов параметрам зубочелюстных дуг.

В соответствии с задачами исследования проведено обследование людей с физиологической окклюзией при нормо- и макродонтизме постоянных зубов в сравнительном аспекте.

Окклюзию считали физиологической при нейтральном положении первых постоянных моляров и клыков, а также при перекрытии нижних боковых зубов верхними на глубину продольной фиссуры, наличии режуще-бугоркового контакта в группе передних зубов, смыкании антагонистов с рядом расположенными зубами (за исключением медиальных резцов нижней челюсти и зубов мудрости верхней челюсти), расположении линии эстетического центра между медиальными резцами обеих челюстей.

Результаты и их обсуждение

Результаты проведенного исследования показали, что взаимоотношения между большинством морфометрических параметров зависели в основном от размеров коронок зубов, составляющих зубной ряд.

Сумма медиально-дистальных диаметров четырех резцов верхней челюсти при макродонтизме в сред-

нем составила $34,88 \pm 0,29$ мм, при нормодонтизме — $30,99 \pm 0,26$ мм.

У пациентов с макродонтизмом постоянных зубов сумма мезиально-дистальных диаметров 12 зубов на верхней челюсти (от первых постоянных моляров) была $100,9 \pm 0,58$ мм, а 6 передних зубов (от клыка до клыка) составляла $52,10 \pm 0,46$ мм. В то же время при нормодонтизме сумма 12 зубов на верхней челюсти была достоверно меньше и составляла $94,03 \pm 0,89$ мм, а 6 передних зубов — $46,47 \pm 0,67$ мм.

У пациентов с макродонтизмом постоянных зубов модуль коронок на верхней челюсти у первых моляров составил $11,4 \pm 0,16$, у вторых — $11,02 \pm 0,15$. Средний модуль коронок моляров верхней челюсти составил $11,21 \pm 0,23$.

При нормодонтизме постоянных зубов модуль коронок на верхней челюсти у первых моляров составил $10,95 \pm 0,19$, у вторых — $10,58 \pm 0,22$. Средний модуль коронок моляров верхней челюсти составил $10,76 \pm 0,21$.

Длина зубной дуги (или сумма 14 зубов) верхней челюсти при макродонтизме в среднем составила $120,4 \pm 0,32$ мм, при нормодонтизме — $112,89 \pm 0,36$ мм.

Также определялись достоверные различия основных параметров зубных дуг (ширины, глубины и фронтально-дистальной диагонали).

Сумма медиально-дистальных диаметров четырех резцов нижней челюсти у пациентов с макродонтизмом составила $25,5 \pm 0,18$ мм, с нормодонтизмом — $23,28 \pm 0,16$ мм. При макродонтизме сумма 12 зубов на нижней челюсти была $92,40 \pm 0,47$ мм, а 6 передних зубов — $40,28 \pm 0,42$ мм. В то же время при нормодонтизме сумма 12 зубов на нижней челюсти была $86,45 \pm 0,72$ мм, а 6 передних зубов составляла $36,64 \pm 0,55$ мм. Длина зубной дуги (или сумма 14 зубов) нижней челюсти при макродонтизме в среднем составила $113,46 \pm 0,63$ мм, при нормодонтизме — $106,93 \pm 0,67$ мм.

На нижней челюсти модуль коронок у пациентов с макродонтизмом постоянных зубов составил $11,32 \pm 0,21$ мм, у вторых — $10,72 \pm 0,19$ мм. Средний модуль коронок моляров на нижней челюсти был $11,02 \pm 0,19$ мм.

При нормодонтизме постоянных зубов модуль коронок на нижней челюсти у первых моляров составил $10,76 \pm 0,21$ мм, у вторых — $10,25 \pm 0,23$ мм. Средний модуль коронок моляров нижней челюсти составил $10,51 \pm 0,22$ мм. Так же как и на верхней челюсти, определялись достоверные различия основных параметров

зубных дуг (ширины, глубины и фронтально-дистальной диагонали).

Индекс Тона при макродонтизме составлял $1,36 \pm 0,03$, при нормодонтизме — $1,33 \pm 0,01$. Полное соотношение по Болтону при макродонтизме составляло $91,89 \pm 1,12\%$, переднее соотношение было $77,31 \pm 0,89\%$. У пациентов группы сравнения с нормодонтизмом постоянных зубов полное соотношение по Болтону при макродонтизме составляло $91,94 \pm 1,23\%$, переднее соотношение — $78,85 \pm 0,96\%$.

Таким образом, у пациентов с физиологической окклюзией, определялось соответствие размеров зубов обеих челюстей, независимо от их линейных размеров.

Расстояние между скуловыми точками (zy-zy) у пациентов с макродонтизмом постоянных зубов в среднем по группе составило $137,92 \pm 4,27$ мм, в связи с чем величина денто-фациального индекса была $25,29 \pm 0,23$. В то же время у пациентов с нормодонтизмом постоянных зубов расстояние между скуловыми точками (zy-zy) составило $134,53 \pm 3,34$ мм, и величина денто-фациального индекса была $23,04 \pm 0,38$.

Если основные линейные параметры зубных дуг верхней челюсти у пациентов с макродонтизмом постоянных зубов превалировали над аналогичными размерами, полученными у пациентов с нормодонтизмом, то относительные показатели размеров зубочелюстных дуг практически не зависели от линейных размеров зубов при физиологической окклюзии.

Так, отношение суммы мезиально-дистальных диаметров коронок 7 зубов полудуги (от медиального резца до второго моляра) к фронтально-дистальной диагонали зубной дуги (дентально-диагональный коэффициент) при макродонтизме на верхней челюсти в среднем составлял $1,08 \pm 0,02$, а при нормодонтизме — $1,09 \pm 0,02$ ($p \geq 0,05$). Отношение глубины зубной дуги к её ширине (индекс зубной дуги) при макродонтизме было $0,72 \pm 0,02$, а при нормодонтизме — $0,73 \pm 0,02$, что характерно для мезогнатии.

Отношение ширины зубной вестибулярной дуги в области вторых постоянных моляров к ширине зубной дуги в области клыков на верхней челюсти составляло $1,72 \pm 0,05$, при нормодонтизме — $1,67 \pm 0,04$. Отношение ширины лица между точками zy-zy к ширине верхней зубной вестибулярной дуги между вторыми постоянными молярами (молярно-скуловой индекс) в среднем составило $2,16 \pm 0,09$, при нормодонтизме — $2,29 \pm 0,11$ ($p \geq 0,05$).

Для физиологической окклюзии постоянных зубов было характерно соответствие размеров зубов пара-

метрам зубных дуг и кранио-фациального комплекса, относительные показатели и разница в размерах основных параметров зубных дуг верхней и нижней челюсти практически не зависели от размеров постоянных зубов.

Кроме основных шести ключей окклюзии по Эндрюсу, считаем целесообразным дополнительно оценивать абсолютные и относительные признаки физиологической окклюзии.

Одним из основных абсолютных признаков физиологической окклюзии считаем соответствие размеров зубов параметрам зубочелюстных дуг и кранио-фациального комплекса.

Для определения соответствия размеров зубов параметрам зубочелюстных дуг рекомендуем сумму мезиально-дистальных диаметров 7 зубов полудуги (медиального и латерального резцов, клыка, первого и второго премоляров, первого и второго моляров) разделить на дентально-диагональный коэффициент зубочелюстной дуги, который для альвеолярной дуги составлял $1,14$, для зубной дуги — $1,08$, а для зубоальвеолярной — $1,09$. Погрешность при измерении до $1,0$ мм считалась вариантом нормы.

Другим абсолютным признаком физиологической окклюзии считается соответствие размеров зубов верхней и нижней челюстей. При этом возможны использование метода Болтона и определение полного и переднего соотношений, коэффициентов Тона и Экеля, равенства сегментов по Герлаху.

Кроме того, можно сравнить абсолютные и относительные показатели линейных параметров зубочелюстных дуг обеих челюстей. При физиологической окклюзии постоянных зубов длина зубной дуги верхней челюсти на $6,5 \pm 1,0$ мм больше, чем нижней. Разница фронтально-дистальных диагоналей верхней и нижней зубочелюстных дуг составляла $4,5 \pm 1,5$ мм.

Такие показатели, как индекс дуги и клыково-молярный индекс определялись формой зубной дуги (долихо-, брахи- и мезогнатическая) и, как правило, не зависели от размеров зубов.

Пациенты 2 (основной) группы в соответствии с задачами исследования были разделены на 3 подгруппы в зависимости от величины несоответствия размеров зубов параметрам зубочелюстных дуг.

Результаты исследования пациентов 2 группы 1 подгруппы показали, что, несмотря на то, что сохранялись основные ключи окклюзии по Эндрюсу, определялось

несоответствие размеров зубов параметрам зубочелюстных дуг 1 степени (от 1,1 до 3 мм).

Характерными признаками несоответствия физиологической окклюзии были протрузия резцов и увеличение торка (угла инклинации) передних зубов с незначительными изменениями углов ангуляции. В связи с этим у пациентов нередко губы выходили за пределы линии Риккетса, что нарушало эстетический оптимум, характерный для физиологической окклюзии.

Тем не менее, окклюзионные взаимоотношения соответствовали признакам оптимальной функциональной окклюзии.

При лечении пациентов с аномалиями формы и размеров зубных дуг при несоответствии размеров зубов параметрам челюстно-лицевой области 1 степени, правом выбора врача может быть органосохраняющее лечение (без удаления зубов), несмотря на признаки макродонтизма. При использовании в лечении техники-эджуайс наиболее целесообразно применять брекеты с высоким торком. При выборе металлических дуг предпочтение отдается дугам долихогнатической формы. При этом длина дуги должна соответствовать размерам зубной дуги с учетом макродонтизма составляющих ее зубов.

Ширина зубной дуги в области вторых моляров определялась по ширине лица между скуловыми точками с учетом молярно-скулового коэффициента, который при макродонтизме для зубной дуги составлял 2,05, для альвеолярной дуги — 2,4, а для зубоальвеолярной — 2,27.

У пациентов 2 группы 2 подгруппы до ортодонтического лечения определялось несоответствие размеров зубов параметрам зубочелюстных дуг 2 степени (от 3,1 до 6 мм). Лечение, как правило, проводилось с удалением отдельных зубов по ортодонтическим показаниям. После лечения были достигнуты окклюзионные взаимоотношения, соответствующие признакам оптимальной функциональной окклюзии.

В отличие от физиологической окклюзии у пациентов с несоответствием размеров зубов параметрам зубочелюстных дуг определялось нарушение смыкания пар зубов антагонистов. После удаления зубов на одной из челюстей отмечалось смыкание первых постоянных моляров по второму либо по третьему классу.

Учитывая значительную вариабельность параметров зубочелюстных дуг, нами для исследования были выбраны пациенты с несоответствием размеров зубов параметрам зубочелюстных дуг 2 степени, при лечении

которых применялось компенсаторное удаление как антимеров, так и антагонистов. После лечения достигалась функциональная оптимальная окклюзия, первые постоянные моляры и клыки смыкались по первому классу, однако количество зубов и параметры зубочелюстных дуг не соответствовали норме

Отсутствие отдельных зубов у пациентов 2 группы 2 подгруппы не позволяло оценить взаимосвязь размеров зубов параметрам зубочелюстных дуг по общепринятым методикам (метод Ботона, Пона, Герлаха и т.п.). В связи с этим часть параметров была определена с помощью общепринятых методов (размеры коронок зубов, линейные параметры зубных дуг), другая часть параметров оценивалась по предложенным нами методам с использованием разработанных индексов (денто-фациальный, клыково-назальный, молярно-скуловой, интердентальные и т.п.).

В ходе лечения были достигнуты эстетический и функциональный оптимумы челюстно-лицевой области. Тем не менее, окклюзия не соответствовала признакам физиологической, так как отмечалось нарушение смыкания пар зубов антагонистов, обусловленных уменьшением количества зубов.

Зубные дуги после лечения с удалением зубов были по форме близки к брахи- либо к мезогнатическим. Нередко отмечалось уменьшение торка резцов, за счет их ретрузионного смещения под действием ортодонтической нагрузки. Увеличивался межрезцовый угол, что отражалось на величине перекрытия коронок нижних резцов верхними.

В связи с этим при лечении пациентов с аномалиями формы и размеров зубных дуг с несоответствием 2 степени при макродонтизме и с удалением отдельных зубов наиболее целесообразно использовать брекеты с низким торком. При выборе металлических дуг предпочтение отдавалось дугам, по форме близким к брахи-гнатическим.

После лечения моляры занимали положение, не соответствующее признакам физиологической окклюзии и ширина зубочелюстных дуг в области моляров не соответствовала ширине лица между скуловыми точками

У пациентов 2 группы 3 подгруппы до ортодонтического лечения определялось несоответствие размеров зубов параметрам зубочелюстных дуг 3 степени (более 6,1 мм). Лечение, как правило, проводилось с удалением отдельных зубов по ортодонтическим показаниям. После лечения были достигнуты окклюзионные взаимоотношения, соответствующие признакам оптимальной функциональной окклюзии.

В отличие от физиологической окклюзии у пациентов с несоответствием размеров зубов параметрам зубочелюстных дуг определялось нарушение смыкания пар зубов антагонистов. Учитывая величину несоответствия размеров параметрам зубочелюстных дуг пациентам исследуемой подгруппы по ортодонтическим показаниям, как правило, удаляли первые постоянные моляры (при наличии зубов мудрости сопоставимо нормальных размеров).

После лечения достигалась функциональная оптимальная окклюзия с равным количеством зубов как на верхней, так и на нижней челюстях.

Результаты исследования пациентов 2 группы 3 подгруппы показали, что окклюзионные взаимоотношения не соответствовали признакам физиологической окклюзии.

Несмотря на то что сохранялись основные ключи окклюзии по Эндрюсу, отмечалось нарушение смыкания пар зубов антагонистов, обусловленных уменьшением количества зубов.

Характерными признаками несоответствия физиологической окклюзии были протрузия резцов и увеличение торка (угла инклинации) передних зубов с незначительными изменениями углов ангуляции, что нарушало эстетический оптимум. Тем не менее, окклюзионные взаимоотношения соответствовали признакам оптимальной функциональной окклюзии.

При использовании в лечении техники-эджуайс наиболее целесообразно применять брекет-системы с высоким торком. При выборе металлических дуг предпочтение отдается дугам долихогнатической формы. При этом длина дуги должна была соответствовать размерам зубной дуги с учетом макродонтизма составляющих ее зубов.

Сопоставление данных литературы с результатами собственных исследований по затронутой проблеме

позволяет нам высказать предположение о том, что макродонтия постоянных зубов является серьезной проблемой нарушения эстетических и функциональных норм челюстно-лицевой области, нередко способствующей аномалиям формы и размерам зубных дуг.

Тактика и принципы лечения пациентов с макродонтией имеют особенности, зависящие от конкретной клинической ситуации, определяющей успех и прогноз лечения.

ВЫВОДЫ

Таким образом физиологическая окклюзия постоянных зубов характеризуется соответствием размеров зубов параметрам зубочелюстных дуг независимо от их абсолютных показателей.

Основные варианты макродонтизма определяются величиной несоответствия размеров зубов параметрам зубочелюстных дуг. Несоответствие размеров зубов параметрам зубочелюстных дуг 1 степени характеризуется дефицитом места от 1,1 мм до 3,0 мм. При 2 степени величина несоответствия составляла от 3,1 мм до 6 мм. Дефицит места в зубной дуге более 6 мм определял 3 степень несоответствия размеров зубов параметрам зубочелюстных дуг.

Оптимальная функциональная окклюзия при 1 степени несоответствия размеров зубов параметрам зубочелюстных дуг характеризуется протрузией передних зубов, их высоким торком и сохранением основных ключей физиологической окклюзии. При 2 степени несоответствия размеров зубов параметрам зубочелюстных дуг определялось нарушение смыкания пар зубов антагонистов, обусловленное удалением отдельных зубов по ортодонтическим показаниям. Оптимальная функциональная окклюзия при 3 степени несоответствия размеров зубов параметрам зубочелюстных дуг характеризовалась нарушением смыкания пар зубов антагонистов, обусловленных уменьшением количества зубов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ведешина Э.Г., Доменюк Д.А., Дмитриенко С.В. Особенности долихогнатических зубных дуг у людей с различными вариантами размеров зубов // Кубанский научный медицинский вестник, 2016. — № 1. (156). — С. 39–46.
2. Доменюк Д.А., Коробкеев А.А., Лепилин А.В., Ведешина Э.Г., Дмитриенко С.В. Методы определения индивидуальных размеров зубных дуг по морфометрическим параметрам челюстно-лицевой области. Ставрополь: Изд-во СтГМУ, 2016. — 160 с.
3. Кондратюк А.А., Пузырева М.Н., Фищев С.Б., Фомин И.В., Р.С. Субботин Р.С. Диагностические возможности компьютерного совмещения различных видов рентгенограмм челюстно-лицевой области // Педиатр. — 2019. — Том 10. — № 3. — С. 51–56.
4. Пузырева М.Н., Субботин Р.С., Фищев С.Б., Фомин И.В., Кондратюк А.А., Орлова И.В. Дифференциальная диагностика патологических и физиологических видов резцового перекрытия // Педиатр. — 2019. — Т. 10. — № 4. — С. 39–44.
5. Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Puzdryyova M.N. Manufacturing methods for individual aligners and trainers from thermoplasts and clinical indications for their application // Archiv EuroMedica. — 2019. — Т. 9. — № 1. — P. 153–154.

6. Domenyuk D.A., Vedeshina E G., Dmitrienko S.V. Correlation of dental arch major linear parameters and odontometric indices given physiological occlusion of permanent teeth in various face types // *Archiv euromedica*. — 2016. — Т. 6. — № 2. — С. 18–22.
7. Domenyuk D.A., Vedeshina E G., Dmitrienko S.V. Mistakes in Pont (Linder-Hart) method used for diagnosing abnormal dental arches in transversal plane // *Archiv euromedica*. — 2016. — Т. 6. — № 2. — С. 23–26.
8. Domenyuk D.A., Dmitrienko S.V. Porfyriadis M.P. Major telerehthengogram indicators in people with various growth types of facial area // *Archiv EuroMedica*. — 2018. — V. 8. — № 1. — P. 19–24.
9. Fischev S.B., Puzdryyova M.N., Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Kondratyuk A.A. Morphological features of dentofacial area in peoples with dental arch issues combined with occlusion anomalies // *Archiv EuroMedica*. — 2019. — Т. 9. — № 1. — P. 162–163.
10. Lepilin A.V., Fomin I.V., Domenyuk D.A., Dmitrienko S.V., Budaychiev G.M-A. diagnostic value of cephalometric parameters at graphic reproduction of tooth dental arches in primary teeth occlusion // *Archiv euromedica*. — 2018. — V.8. — № 1. — P. 37–38.
11. Lepilin A.V., Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Puzdryyova M.N., Subbotin R.S. Dependence of stress strain of dental hard tissues and periodontal on horizontal deformation degree // *Archiv EuroMedica*. — 2019. — Т. 9. — № 1. — P. 173–17.
12. Lo Giudice A., Nucera R., Ronsivalle V., Di Grazia C., Rugeri M., Quinzi V. Enhancing the diagnosis of maxillary transverse discrepancy through 3-D technology and surface-tosurface superimposition. Description of the digital workflow with a documented case report // *European Journal of Pediatric Dentistry* — 2020. — Т. 21. — № 2. — pp. 213–218. DOI: 10.23804/ejpd.2020.21.03.11.
13. Puzdryyova M.N., Fischev S.B., Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Kondratyuk A.A. Morphological features of dentofacial area in people with dental arch issues combined with occlusion anomalies // *Archiv euromedica*. — 2019. — vol. 9, Num. 1. — P.162–163.
14. Shen L. He F., Zhang C. Prevalence of malocclusion in primary dentition in mainland China, 1988–2017: a systematic review and meta-analysis // *Sci. Rep.* — 2018. — Vol. 8. — № 1. — P. 4716.
15. Singh S., Sharma A., Sandhu N. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment needs in school going children of Nalagarh, Himachal Pradesh, India // *J. Dent. Res.* — 2016. — Vol. 27. — № 3. — P. 317–322.
16. Shen L. He F., Zhang C. Prevalence of malocclusion in primary dentition in mainland China, 1988–2017: a systematic review and meta-analysis // *Sci. Rep.* — 2018. — Vol. 8. — № 1. — P. 4716.
17. Singh S., Sharma A., Sandhu N. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment needs in school going children of Nalagarh, Himachal Pradesh, India // *J. Dent. Res.* — 2016. — Vol. 27. — № 3. — P. 317–322.
18. Zhang J., Yang Y., Han X., Lan T., Bi F., Qiao X., Guo W. The application of a new clear removable appliance with an occlusal splint in early anterior crossbite *BMC // Oral Health*. — 2021. — Т. 21. — № 1. DOI: 10.1186/s12903–021–01393–7.

© Рожкова Мария Геннадьевна (rozmaria2010@yandex.ru), Фищев Сергей Борисович (super.kant@yandex.ru),
Лепилин Александр Викторович (lepilins@mail.ru), Климов Андрей Геннадьевич (pstom4@zdrav.spb.ru),
Севастьянов Аркадий Владимирович (ardy.dkr@mail.ru), Орлова Ирина Викторовна (orisha@mail.ru),
Пузырева Маргарита Николаевна (seven-spb@yandex.ru), Субботин Роман Сергеевич (roma.seregin.92@mail.ru),
Попов Владимир Петрович (vrpov5@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСОБЕННОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА И СОДЕРЖАНИЯ РЕЦЕПТОРОВ К КОНЕЧНЫМ ПРОДУКТАМ ГЛИКИРОВАНИЯ У БЕРЕМЕННЫХ С АЛИМЕНТАРНЫМ ОЖИРЕНИЕМ

FEATURES OF CARBOHYDRATE METABOLISM INDICATORS AND THE CONTENT OF RECEPTORS FOR THE END PRODUCTS OF GLYCATION IN PREGNANT WOMEN WITH ALIMENTARY OBESITY

**A. Ryabov
T. Ivanova
O. Ilchenko
A. Trebunskikh**

Summary. The issues of the incidence of gestational diabetes mellitus (GDM), as well as subsequent perinatal and maternal complications, dictating the need to search for new early diagnostic criteria for the disease in order to determine the role of receptors for the end products of glycation in the development of gestational diabetes mellitus in women with moderate alimentary obesity are considered. A total of 214 pregnant women were examined in accordance with the current orders and recommendations of the Ministry of Health of the Russian Federation. sRAGE was determined by a quantitative enzyme-linked immunosorbent assay (automatic immunoanalyzer ChemWell® FUSION, USA). For the analysis, we used the Human RAGE Quantikine ELISA Kit (R&D Systems, USA). It was found that the average sRAGE content in women with GDM is statistically significantly higher than in patients without GDM.

Keywords: gestational diabetes mellitus, insulin resistance, receptors of glycation end products.

Рябов Алексей Юрьевич

Соискатель, Самарский государственный медицинский университет, г. Самара
samaraoobs gyn2@yandex.ru

Иванова Татьяна Владимировна

К.м.н., доцент, Самарский государственный медицинский университет, г. Самара
t.v.ivanova@samsmu.ru

Ильченко Олеся Андреевна

Аспирант, Самарский государственный медицинский университет, г. Самара; врач — акушер-гинеколог, ГБУЗ СО СГП № 3, г. Самара
olesay.ilchenko@gmail.com

Требунских Анна Сергеевна

Соискатель, Самарский государственный медицинский университет, г. Самара; врач — акушер-гинеколог ГБУЗ СО СГП № 3, г. Самара
samaraoobs gyn2@yandex.ru

Аннотация. Рассматриваются вопросы частоты гестационного сахарного диабета (ГСД), а также последующие перинатальные и материнские осложнения, диктующие необходимость поиска новых ранних диагностических критериев заболевания с целью определения роли рецепторов к конечным продуктам гликирования в развитии гестационного сахарного диабета у женщин с умеренным алиментарным ожирением. Обследовано 214 беременных женщин в соответствии с актуальными приказами и рекомендациями МЗ РФ. Определение sRAGE проводилось количественным методом иммуноферментного анализа (автоматический иммуноанализатор ChemWell® FUSION, США). Для анализа использовались кит-наборы Human RAGE Quantikine ELISA Kit (R&D Systems, США). Выяснено, что среднее содержание sRAGE у женщин с ГСД статистически значимо выше, чем у пациенток без ГСД.

Ключевые слова: гестационный сахарный диабет, инсулинорезистентность, рецепторы конечных продуктов гликирования.

По данным официальной статистики с 2005 по 2020 годы частота гестационного сахарного диабета (ГСД) у женщин Самарской области возросла в 25 раз [1]. Неуклонный рост числа пациенток с ГСД регистрируется во всем цивилизованном мире [2]. Более того, в настоящее время диабет признан эпидемией века [3].

Несмотря на существенный прогресс медицинской науки, частота акушерских и перинатальных осложнений у этой группы пациенток не снижается, достигая 80%, что вызывает серьезную озабоченность и обуславливает необходимость искать новые пути профилактики развития патологий как у женщин, так и у их новорожденных [4–7].

Согласно клиническим рекомендациям 2020 года, основанных на рекомендациях ВОЗ, оптимальным сроком для проведения перорального нагрузочного глюкозотолерантного теста (ПНГТ) считается срок 24–28 недель беременности. Указано, что ПНГТ может быть проведен вплоть до 32 недели гестации. У тех женщин, у которых инсулинорезистентность выявляется до 24 недель, ГСД считается манифестным [8]. Отметим, что к этому сроку гестации плацента уже сформирована и нарушения, касающиеся сосудистого компонента, практически невозможно корректировать, в то время как практически все осложнения беременности у женщин с ГСД связаны именно с развитием плацентарной недостаточности [9].

В связи с приведенными выше аргументами, вопросы, касающиеся прогноза развития ГСД до формирования плацентарной недостаточности, имеют особую значимость.

Для определения участия в патогенезе гестационного сахарного диабета конечных продуктов гликирования, нами было обследовано 214 беременных женщин с умеренным алиментарным ожирением. У 93 из них на разных сроках беременности развился гестационный сахарный диабет (ГСД) (код МКБ O24.4). Они составили основную группу. Остальные 121 беременные женщины без ГСД — составили группу сравнения.

Средний возраст женщин основной группы был в пределах 32,4 (3,2) года, у женщин группы сравнения — 31,5 (3,8) года.

Определены **критерии включения** в группы:

- ◆ беременность, наступившая самопроизвольно;
- ◆ репродуктивный возраст;
- ◆ ИМТ до беременности 25,0–34,9;
- ◆ ранняя явка и учет по беременности в сроки до 12 недель;
- ◆ отсутствие в анамнезе указаний на глюкозотолерантность или инсулинорезистентность.

Определены **критерии исключения** из групп:

- ◆ беременность в результате использования ВРТ;
- ◆ ранний или поздний репродуктивный возраст;
- ◆ наличие в анамнезе эпизодов глюкозотолерантности или инсулинорезистентности, отсутствие СД 1-го типа; ГСД в предыдущую беременность;
- ◆ ИМТ ниже 25,0 или выше 34,9 (ожирение 2-й и более степени) до беременности;
- ◆ хронические сопутствующие экстрагенитальные заболевания, диагностированные до наступления беременности и требующие медикаментозной коррекции в период гестации (артериальная гипертензия, патология почек и сердечно — со-

судистой системы, заболевания печени и желчевыводящих протоков);

- ◆ начало диспансерного наблюдения по беременности позже 12 недель, наличие хронических интоксикаций (курение, алкоголь).

В процессе формирования групп учитывались факторы риска развития ГСД (Клинические рекомендации. Гестационный сахарный диабет. Диагностика, лечение, акушерская тактика, послеродовое наблюдение, 2020). Было установлено, что по совокупности имеющихся факторов риска и таких исходных параметров, как возраст, паритет беременности и родов, ИМТ, женщины сравниваемых групп не имели существенных различий, что позволило трактовать полученные далее данные лабораторных обследований как сопоставимые.

Все женщины состояли на учете по беременности и были обследованы в соответствии с Приказом МЗ РФ от 20 октября 2020 г. № 1130н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи по профилю «акушерство и гинекология». Лечебные мероприятия осуществлялись в соответствии с актуальными (в период наблюдаемой беременности) клиническими рекомендациями и протоколами.

Дополнительно определение рецепторов конечных продуктов гликирования (sRAGE) (в пг/мл) осуществлялось количественным методом иммуноферментного анализа (Автоматический иммуноанализатор ChemWell® FUSION, США). Для проведения анализа использовались кит-наборы Human RAGE Quantikine ELISA Kit (R&D Systems, США).

Для определения степени нарушений углеводного обмена использовались **методы обследования**:

- ◆ иммунохемилюминисцентный анализ (Cobas 6000, Roche Diagnostics, Швейцария) — количественное определение С-пептида (нг/мл), инсулина (мкЕд/мл);
- ◆ ионообменная высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) (Cobas 6000, Roche Diagnostics, Швейцария) — определение гликированного гемоглобина (A1c) (%);
- ◆ ферментативный УФ метод (гексокиназный) (Cobas 6000, Roche Diagnostics, Швейцария) — глюкоза в плазме крови (ммоль/л).

По полученным результатам рассчитывался индекс НОМА-IR=инсулин натощак (мкЕд/мл) x глюкоза натощак (7ммоль/л)/22,5.

Статистическая обработка полученного материала проводилась при помощи стандартного пакета статистических программ SPSS Statistica 10,0 для Windows (разработчик — компания StatSoft, США).

Таблица 1. Результаты суточного мониторинга углеводного обмена женщин сравниваемых групп (определение глюкометром капиллярной крови) в I триместре беременности

Показатель	Основная группа (n=93)	Группа сравнения (n=121)	p
	M(SD)		
Глюкоза натощак, ммоль/л	4,7 (0,28)	4,6 (0,31)	0,81
Глюкоза через 1 час после еды, ммоль/л	5,3 (0,33)	4,1 (0,42)	0,02
HbA1c,%	5,9 (0,21)	6,0 (0,42)	0,83

Примечание. p — показатель статистической значимости различий в сравниваемых группах

Таблица 2. Результаты суточного мониторинга углеводного обмена женщин сравниваемых групп (определение глюкометром капиллярной крови) во II триместре беременности

Показатель	Основная группа (n=93)	Группа сравнения (n=121)	p
	M(SD)		
Глюкоза натощак, ммоль/л	5,17 (0,21)	4,8 (0,31)	0,32
Глюкоза через 1 час после еды, ммоль/л	7,3 (0,27)	4,2 (0,12)	<0,001
HbA1c,%	6,8 (0,18)	6,0 (0,29)	0,02

Примечание. p — показатель статистической значимости различий в сравниваемых группах

Результаты исследования

Изменения углеводного обмена в процессе гестации рассматривались многими исследователями. Однако окончательного мнения о причинах развития гестационного диабета и путях его предупреждения до настоящего времени не сформировано.

Для оценки гликемического профиля нами было проведено исследование содержания глюкозы, инсулина, гликированного гемоглобина и рецепторов к конечным продуктам гликирования.

Результаты определения среднесуточного уровня глюкозы у женщин сравниваемых групп представлены в табл. 1.

Рассматривая результаты суточного мониторинга глюкозы в капиллярной крови в первом триместре беременности отметим, что в обеих группах женщин показатели не выходили за пределы физиологической нормы и не имели достоверных различий. Так, среднее содержание глюкозы натощак в основной группе составило 4,7 (0,28) ммоль/л, в группе сравнения 4,6 (0,31) ммоль/л, (p=0,81). Через час после еды в основной группе содержание глюкозы несколько повысилось и составило 5,3 (0,33) ммоль/л, в группе сравнения 4,1 (0,42) ммоль/л, (p=0,02). Что касается гликированного гемоглобина, то его значения находились в пределах физиологической нормы и в основной группе составили 5,9 (0,21)%, в группе сравнения 6,0 (0,42)%, (p=0,83).

Далее, во втором триместре показатели изменились (табл. 2).

Отметим, что во втором триместре показатели уровня глюкозы натощак в среднем у женщин основной группы составили 5,17 (0,21) ммоль/л, в группе сравнения — 4,8 (0,31) ммоль/л, что не имело статистически значимых различий (p=0,32). Однако через час после нагрузочной пробы картина радикально менялась. В основной группе уровень глюкозы в среднем составлял 7,3 (0,27) ммоль/л, в то время, как в группе сравнения он был статистически значимо ниже — 4,2 (0,12), (p<0,001). Уровень гликированного гемоглобина у женщин основной группы был достоверно выше, чем в группе сравнения: 6,8 (0,18) и 6,0 (0,29)%, соответственно (p=0,02).

Что касается третьего триместра, то средние показатели глюкозы у пациенток сравниваемых групп представлены в табл. 3.

В третьем триместре беременности, несмотря на проводимую терапию женщин с ГСД, среднее содержание глюкозы в капиллярной крови у этих пациенток было статистически значимо выше, чем в группе сравнения. Натощак этот показатель составлял 5,7 (0,31) ммоль/л в основной группе и 4,5 (0,27) ммоль/л в группе сравнения (p=0,003). После гликемической нагрузки содержание глюкозы в основной группе достигало 7,4 (0,17) ммоль/л, в группе сравнения 4,6 (0,22) ммоль/л, p<0,001. Уровень гликированного гемоглобина соот-

Таблица 3. Результаты суточного мониторинга углеводного обмена женщин сравниваемых групп (определение глюкометром капиллярной крови) в III триместре беременности

Показатель	Основная группа (n=93)	Группа сравнения (n=121)	p
	M(SD)		
Глюкоза натощак, ммоль/л	5,7 (0,31)	4,5 (0,27)	0,003
Глюкоза через 1 час после еды, ммоль/л	7,4 (0,17)	4,6 (0,22)	<0,001
HbA1c, %	6,7 (0,11)	6,0 (0,29)	0,02

Примечание. p — показатель статистической значимости различий в сравниваемых группах

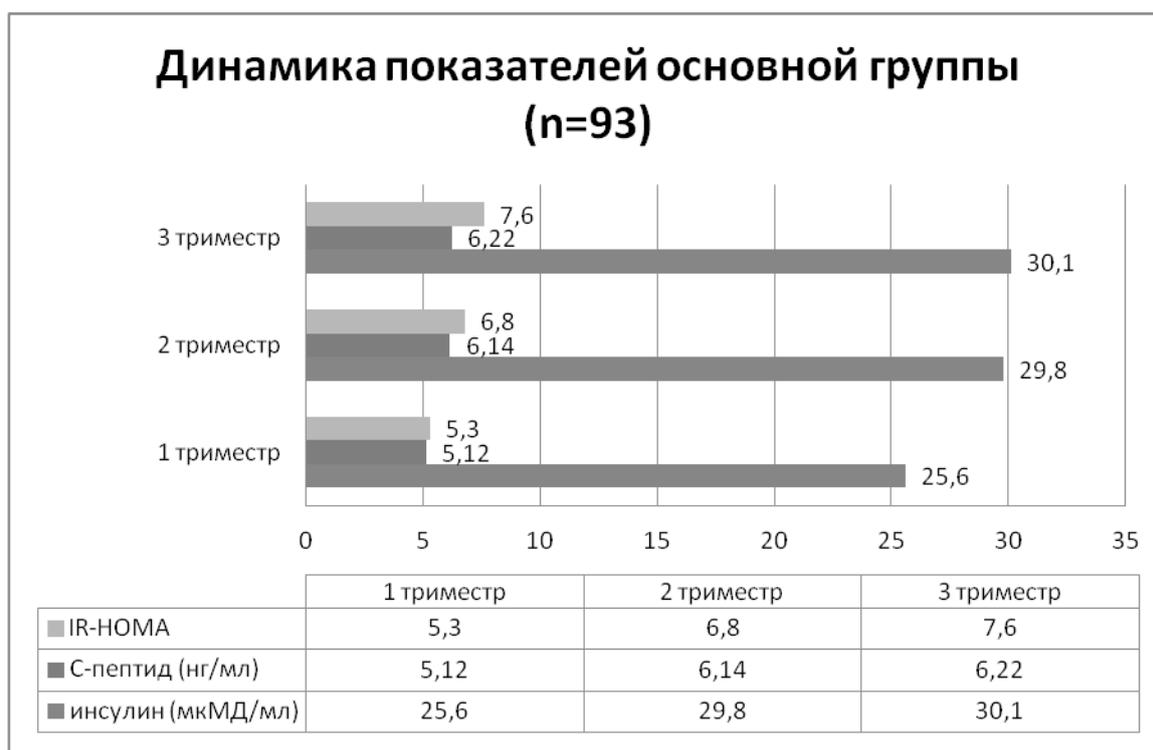


Рис. 1. Показатели углеводного обмена основной группы

ветствовал содержанию глюкозы в крови: 6,7 (0,11)% и 6,0 (0,29)%, соответственно.

Для объективной оценки функции поджелудочной железы обследуемых женщин и влияния на ее функцию беременности, нами было проанализировано содержание С-пептида (как предшественника инсулина), самого инсулина и индекса НОМА-IR (рисунки 1 и 2).

Рассматривая процессы изменения инсулинового обмена и содержания С-пептида в сравниваемых группах отметим, что в основной группе инсулинорезистентность регистрировалась с начала гестационного процесса. Она продолжалась на протяжении всей беременности, несмотря на получаемое женщинами лечение. В основной группе прослеживалась динамика

роста всех рассматриваемых показателей к третьему триместру гестации.

В группе сравнения инсулинорезистентности не было. Особенно показателен в этом отношении НОМА-IR, который в основной группе динамично повышался с 5,3 до 7,6. В группе сравнения его показатели не выходили за пределы референсных значений и колебались от 1,1 до 2,6.

Все рассмотренные показатели регистрировали уже развившийся ГСД, в то время, как мы преследовали цель выявить предикторы развития ГСД у женщин со схожими факторами риска развития ГСД. Для этого нами было проведено исследование рецепторов продуктов конечного гликирования (sRAGE), которые ока-

Таблица 4. Среднее содержание sRAGE (пг/мл) в динамике беременности и в послеродовом периоде

Показатель	Основная группа (n=93)	Группа сравнения (n=121)	p
	M(SD)		
В I триместре	1107,5 (32,8)	985,4 (24,9)	0,003
В 30–32 недели	1067,4 (43,4)	967,8 (22,6)	0,04
Через 6 мес. после родов	1100,7 (34,2)	980,3 (18,4)	0,002

Примечание. p — показатель статистической значимости различий в сравниваемых группах

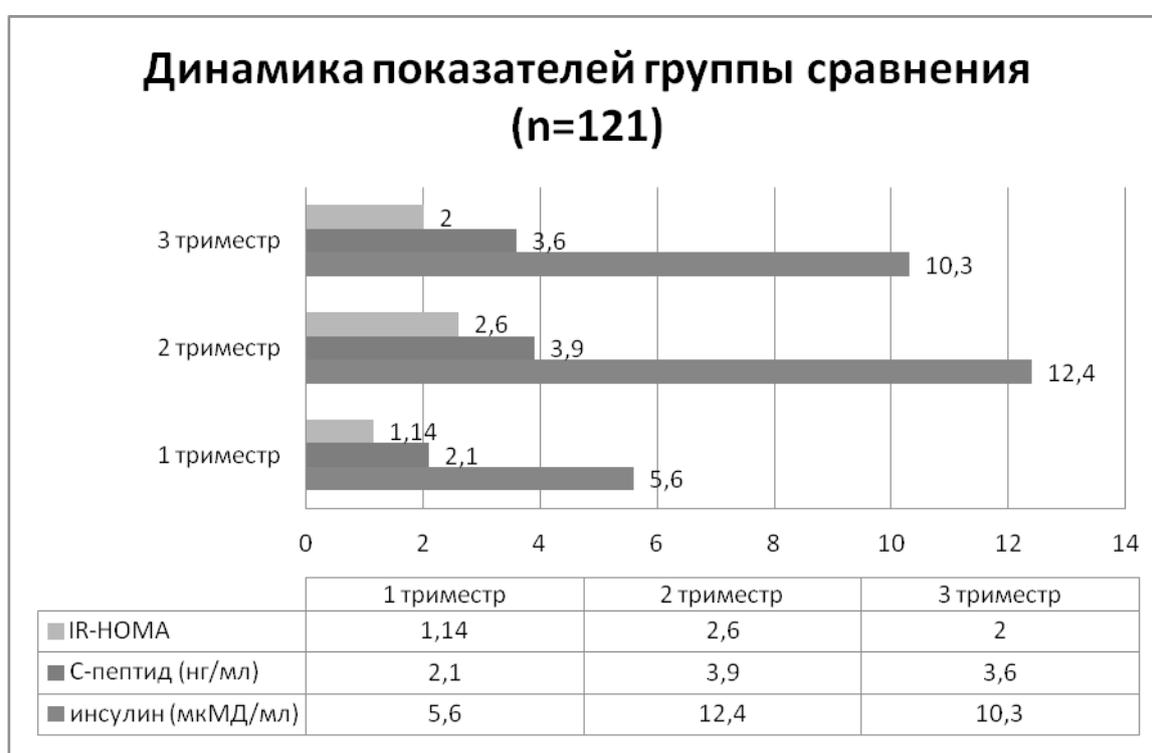


Рис. 2. Показатели углеводного обмена группы сравнения

зывают существенное влияние на функцию эндотелия сосудов и возможно влияют на формирование хориона в начале гестационного процесса (табл. 4).

Рассматривая полученные результаты содержания sRAGE в сравниваемых группах укажем, что у женщин в основной группе его содержание было статистически значимо выше, чем у пациенток группы сравнения и никак не менялось в динамике беременности и в послеродовом периоде. Так, в первом триместре в основной группе среднее содержание sRAGE составило 1107,5 (32,8) пг/мл, в 30–32 недели — 1067,4 (43,4) пг/мл и через 6 месяцев после родов — 1100,7 (34,2) пг/мл. В группе сравнения —

985,4 (24,9), 967,8 (22,6) и 980,3 (18,4) пг/мл соответственно, (p=0,003) (p=0,04) и (p=0,001) соответственно.

Подводя итог проведенного исследования содержания рецепторов конечных продуктов гликирования у женщин с ГСД отметим, что среднее содержание sRAGE у таких пациенток статистически значимо выше, чем у пациенток без ГСД. Однако корреляционная связь между уровнем инсулинорезистентности, гликированным гемоглобином и sRAGE отсутствует, что при одинаковых исходных данных у пациенток, имеющих факторы риска развития ГСД, может служить маркером развития ГСД с начала беременности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Российский статистический ежегодник [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/KrPEshqr/year_2020.pdf (дата обращения 23.02.2020).
2. Gestational diabetes in the United States: temporal changes in prevalence rates between 1979 and 2010 / J.A. Lavery, A.M. Friedman, K.M. Keyes, J.D. Wright, C.V. Ananth // BJOG. — 2017. — Т. 124 (5). — P. 804–813.
3. Kharroubi A.T., Darwish H.M. Diabetes mellitus: The epidemic of the century // World J Diabet. — 2015. — Т. 6 (6). — P. 850–867.
4. Аржанова О.Н., Кошелева Н.Г. Особенности течения беременности и родов при сахарном диабете в современных условиях // Журнал акушерства и женских болезней. — 2006. — Т. 55, — № 1. — С. 12–16.
5. Бурумкулова Ф.Ф., Петрухин В.А. Гестационный сахарный диабет: вчера, сегодня, завтра // Терапевтический архив. — 2014. — № 10. — С. 109–115.
6. Грязнова И.М., Второва В.Г. Сахарный диабет и беременность. М.: Медицина, 1985. — 207 с.
7. Сидорова И.С., Никитина Н.А., Гусева Е.В. Результаты конфиденциального аудита материнской смертности от преэклампсии и эклампсии в России в 2017–2018 гг. // Акушерство и гинекология. — 2020. — № 1. — С. 119–127.
8. Гестационный сахарный диабет. Диагностика, лечение, акушерская тактика, послеродовое наблюдение. Клинические рекомендации. М., — 2020. — 53 с.
9. Meek C.L., Murphy H.R., Simmons D. Random plasma glucose in early pregnancy is a better predictor of gestational diabetes diagnosis than maternal obesity // Diabetologia. — 2016. — Т. 59 (3). — P. 445–452.
10. Особенности течения беременности у женщин, перенесших ЭМА по данным доплерометрии / О.Н. Беленькая, Т.А. Пугачева, Т.В. Иванова, А.Р. Ибрагимова, Р.Б. Балтер, Л.С. Целкович, О.А. Ильченко, З.Е. Шулюкян, С.Н. Романова, Н.А. Устинов, В.Н. Балашова // Охрана материнства и здоровья детей: клинические и медико-организационные технологии сохранения репродуктивного потенциала семьи. — Самара: Самарама, 2021. С. 306–309.
11. Целкович Л.С., Требунских А.С., Балтер Р.Б. Характер и оценка течения настоящей беременности у женщин с миомой матки, перенесших в анамнезе ЭМА: сб. ст. Международной научно-практической конференции 25 сентября 2021 года «Проблемы и перспективы реализации междисциплинарных исследований». — Новосибирск: НИЦ АЭТЕРНА, 2021. — С. 175–179.

© Рябов Алексей Юрьевич (samaraobsgyn2@yandex.ru), Иванова Татьяна Владимировна (t.v.ivanova@samsmu.ru),
Ильченко Олеся Андреевна (olesay.ilchenko@gmail.com), Требунских Анна Сергеевна (samaraobsgyn2@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Самарский государственный медицинский университет

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ РЕВМАТОИДНЫМ АРТРИТОМ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН

SOME ASPECTS OF RHEUMATOID ARTHRITIS INCIDENCE IN THE POPULATION OF THE REPUBLIC OF DAGESTAN

Z. Saidova
S. Akhmedkhanov
M. Saidov
B. Saidova
A. Beibalaeva
B. Abdullaeva

Summary. The article assesses the influence of gender, age and seasonal factors on the incidence of rheumatoid arthritis (RA) in the Republic of Dagestan (RD). An epidemiological study of the incidence of RA (code ICD-10 M05-M06) was carried out according to the database of the territorial MHIF for the RD. The comparative analysis included all 71,068 cases of RA (age $M \pm SD 51.1 \pm 16.1$ years, women 65.1%) registered for the first time in their lives in 2018–2020. It was found that the dynamics of the incidence of RA in the male and female population of RD from 2018 to 2020 shows a downward trend.

Keywords: rheumatoid arthritis, morbidity, men, women, age, seasonality.

Ревматоидный артрит (РА) является хроническим аутоиммунным заболеванием, имеющим тенденцию к росту заболеваемости и распространенности, приводящим к потере трудоспособности, ухудшающим качество жизни [1] и трудно поддающимся к лечению [2].

Распространённость РА среди взрослого населения мира колеблется 0,5% до 2% [3,4,5], причем регистри-

Саидова Заира Магомедовна
Ассистент, ФБГОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ
spssaidova@mail.ru

Ахмедханов Сейпула Шапиевич
Д.м.н., профессор, ФБГОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» Минздрава России, Махачкала
saip@mail.ru

Саидов Магомед Саидович
К.м.н., доцент, ФБГОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ
tagomed.saidov.76@mail.ru

Саидова Барият Магомедовна
К.м.н., доцент, ФБГОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ
spssaidova@mail.ru

Бейбалаева Альбина Тагировна
К.м.н., ассистент, ФБГОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ
beybalaeva89@mail.ru

Абдуллаева Барият Сайпулаевна
К.м.н., ассистент, ФБГОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ
Baryat1977@mail.ru

Аннотация. В статье проводится оценка влияния гендерных, возрастных и сезонных факторов на заболеваемость ревматоидного артрита (РА) в условиях Республики Дагестан (РД). Проведено эпидемиологическое исследование заболеваемости РА (код МКБ-10 M05-M06) по базе данных территориального ФОМС по РД. В сравнительный анализ включены все 71068 случая РА (возраст $M \pm SD 51,1 \pm 16,1$ года, женщины 65,1%), зарегистрированных впервые в жизни за 2014–2018 годы. Установлено, что динамике заболеваемости РА мужского и женского населения РД с 2018 по 2020 год отмечается тенденция к снижению.

Ключевые слова: ревматоидный артрит, заболеваемость, мужчины, женщины, возраст, сезонность.

руется 5–50 новых случаев на 100 000 населения ежегодно [6].

При кажущемся благополучии по распространенности болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани (6,4%) в Республике Дагестан (РД) по сравнению с общероссийским показателем (13,1%) в 2019 году наблюдалась более высокая распространенность РА среди всего населения РД (228,1 на 100 000 населе-

Таблица 1. Распределение первичных больных РА по полу, возрасту и году регистрации

Возраст	Год										Всего
	2014		2015		2016		2017		2018		
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
Мужчины	4478	19	5556	22	4940	21	4721	20	3970	18	23665
7–14	121	22,0	98	18	129	23	85	16	95	21	528
15–29	693	18,8	883	23,9	942	25,5	777	21	389	10,5	3684
30–44	965	18,0	1278	24	1102	20,5	1177	22	828	15,4	5350
45–59	1554	18,9	1916	23,3	1643	20	1612	19,7	1472	18	8197
60–74	734	18,5	885	22,4	748	18,9	736	18,6	844	21,3	3947
>75	411	20,9	496	25,3	376	19,2	334	17	342	17,45	1959
Женщины	9219	19,4	10625	22,4	10001	21	8990	18,9	8568	18	47403
0–14	95	22,5	65	15,4	107	25,4	98	23,2	91	21,6	421
15–29	923	19,5	1203	25,5	1148	24,3	905	19,2	534	11,3	4713
30–44	1915	19,2	2208	22,1	2103	21,1	2100	21	1635	16,4	9961
45–59	3574	24,9	4145	29	3712	25,9	3325	23	3374	23,5	14339
60–74	1813	18,3	2003	20	2019	20,4	1867	18,8	2186	22	9888
>75	899	21,1	1001	23,5	912	21,4	695	16,3	748	17,5	4255
Оба пола	13697	19,3	16181	22,7	14941	21	13711	19	12538	17,6	71068

ния), чем по всей России (207,6 на 100 000 населения) [7]. Заболеваемость РА всего населения как по России, так и по РД за 5 лет с 2013 по 2017 год имела тенденцию к росту: 21,1–22,1 и 20,9–27,7 на 100 000 населения соответственно [8]. S.E. Gabriel и соавт. отмечали стабильный рост заболеваемости РА с увеличением возраста [9].

Сопоставление результатов эпидемиологического исследования распространенности РА и расчетных официальных данных Минздрава за 2005 г. показало, что последние были в 2,3–2,4 раза низкими. Более того, распространенность РА в американской популяции взрослых превышали в 2,5 раза соответствующие среднестатистические показатели Минздрава России [10]. Следовательно, распространенность артрита среди населения по официальной статистике существенно занижена [11].

Цель исследования

Оценка влияния гендерных, возрастных и сезонных факторов на заболеваемость ревматоидного артрита (РА) в условиях Республики Дагестан (РД).

Материалы и методы

В сравнительное исследование заболеваемости РА мужского и женского населения РД включены все 71068 случая РА (возраст $M \pm SD$ 51.1 ± 16.1 года), зарегистрированных впервые в жизни за 2014–2018 годы. За 5 лет в РД заболело 38 742 женщины (65,1%) и 23 665 мужчины, наибольшее число заболевших РА приходилось на возраст 45–59 лет (табл. 1). Критерии включения

были следующие: — наличие у больного, обратившегося в поликлинику, находившемся на стационарном лечении, в амбулаторной карте или истории болезни диагноза РА; — возраст ≥ 7 лет; — постоянное проживание на территории Республики Дагестан. Критерии исключения: — беременность и период лактации; — наличие в анамнезе ОНМК; — психические заболевания; — острый инфаркт миокарда.

Исследование одобрено Локальным этическим комитетом (ЛЭК) ДГМУ. В исследование включены 71068 больных РА (код МКБ-10 M05-M06) по базе данных территориального ФОМС по РД.

Большая доля пациентов с РА среди мужчин (73,3%) и женщин (69,7%) была в трудоспособном возрасте (15–59 лет). Средний возраст мужчин с РА составил 48.9 ± 17.1 года и женщин — 52.0 ± 15.5 года.

Интенсивный показатель заболеваемости (ИПЗ) рассчитан на 100 000 населения. Для сравнительного анализа больные РА распределены по полу и возрасту с 15-летними интервалами. Для оценки сезонных колебаний ИПЗ в течение года вычислен помесечный показатель на 30-дневной месяц.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием компьютерной программы Microsoft Excel 2010. Показатели описаны в виде средней арифметической (M), среднеквадратического отклонения (SD) и 95% доверительного интервала (95% ДИ от и до) при нормальном распределении значений, а при неправильном распределении — в виде медианы (Me),

Таблица 2. Повозрастной ИПЗ РА (M05-M06) населения (оба пола) РД за 2014–2018 годы, на 100 000 населения

Возраст, лет	M	SD	95% ДИ	95% ДИ ДО	Me	P25	P75	P«M4»*	P< 15–29»*	P< 30–44)»*	P<45–59>»*
0–14	24.5	4.1	19.5	29.6	24.2	23.8	29.8		0.015	0.002	<0,001
15–29	255.5	74.2	163.4	347.5	312.2	221.4	332.7	0.015		0.041	<0,001
30–44	395.7	69.3	309.7	481.8	466.5	465.9	477.7	0.002	0.041		0.002
45–59	779.5	130.7	617.2	941.9	970.9	852.0	1024.8	<0,001	<0,001	0.002	
60–74	1005.5	134.0	839.1	1171.9	1238.9	1232.3	1338.5	<0,001	<0,001	<0,001	0.086
>75	844.7	313.2	455.7	1233.6	1030.1	762.7	1358.5	0.018	0.043	0.122	0.912

* — достоверность разницы по сравнению с группой 0–14 лет (15–29, 30–44, 45–59 лет соответственно) для критерия Крискала-Уоллиса.

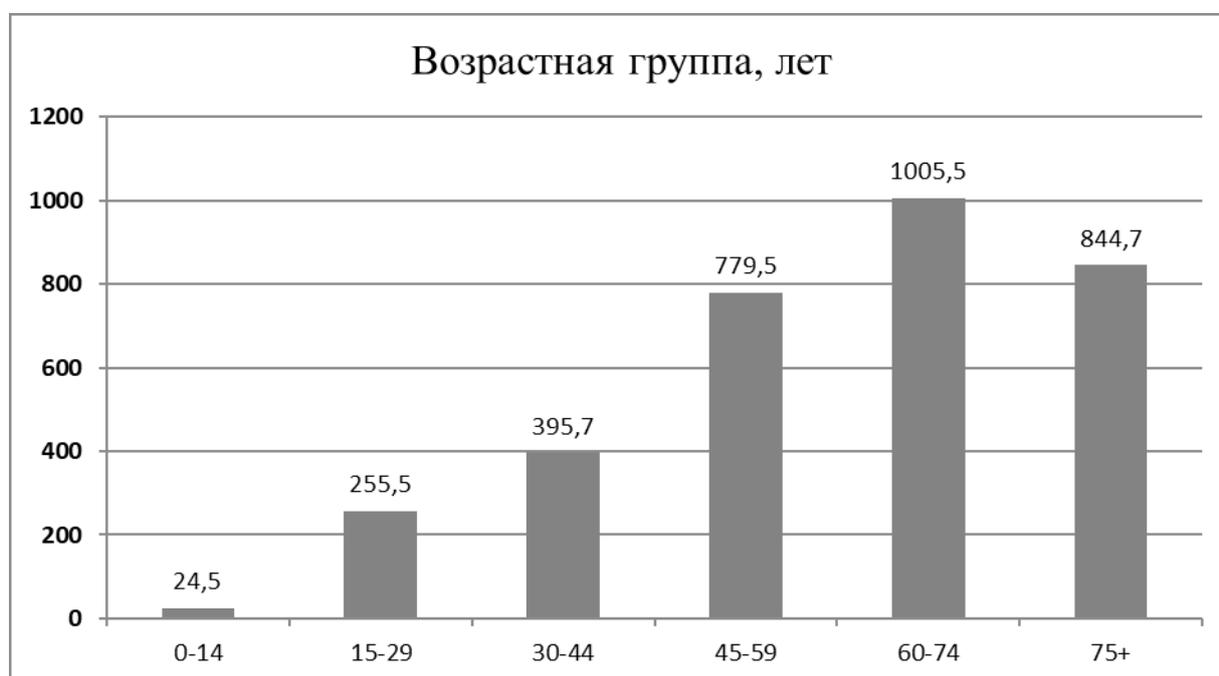


Рис. 1. Среднемноголетние значения ИПЗ РА и их 95% ДИ в различных возрастных группах населения РД за 2018–2020 годы. * — достоверная разница (P < 0,01) по сравнению с показателем в возрасте 15–44 года

верхнего (P25%) и нижнего квартилей (P75%). Значимость разницы между группами оценивали по критерию Крускала-Уоллиса. За критический уровень критерия брали значимость при P=0,05.

Результаты и обсуждение

Анализ динамических рядов показал, что ИПЗ РА населения РД имел тенденцию к снижению с 561,0 на 100 000 населения в 2015 году до 426,2 в 2018 году. По отдельным возрастным группам ИПЗ РА также имела максимальные значения в 2015–2016 годы с тенденцией к снижению в 2020 году. Средняя заболеваемость РА

кратно возрастала с каждым 15-летним увеличением возраста населения РД и достигла максимума в возрасте 60 лет и старше (рис. 1).

По РД медиана заболеваемости РА за 2014–2018 годы составляла 479.6 на 100 000 населения (P25% 466.1 и P75% 512.9). При этом отмечалось значимое превалирование заболеваемости РА молодого населения (15–44 года; P < 0,02) над показателем детей (до 14 лет). В свою очередь заболеваемость населения старше 45 лет значимо выше (P < 0,05), чем в возрасте 15–44 года. Максимальная заболеваемость РА в РД наблюдалась в возрасте 60–74 лет (табл. 2).

Таблица 3. Повозрастной ИПЗ РА (M05-M06) мужского населения РД за 2018–2020 годы, на 100 000 населения

Возраст, Лет	M	SD	95% ДИ	95% ДИ ДО	Me	P25	P75	P (0–14)	P (15–29)	P (30–44)	P (45–59)
0–14	25.9	5.3	19.3	32.5	26.0	24.1	32.8		0.023	0.003	0.001
15–29	244.1	78.1	147.1	341.1	279.9	200.3	336.2	0.02		0.149	0.001
30–44	300.3	60.6	225.1	375.5	343.6	324.2	350.1	0.003	0.149		0.005
45–59	537.7	89.4	426.7	648.7	627.9	583.0	656.6	0.001	0.001	0.005	
60–74	683.1	122.2	531.4	834.9	771.1	756.5	884.3	0.001	0.007	0.002	0.311
>75	693.1	273.9	352.9	1033.2	762.7	602.4	1101.6	0.026	0.073	0.284	0.657

Таблица 4. Повозрастной ИПЗ РА (M05-M06) женского населения РД за 2018–2020 годы, на 100 000 населения

Возраст, лет	M	SD	95% ДИ	95% ДИ ДО	Me	P25	P75	P (0–14)	P (15–29)	P (30–44)	P (45–59)
0–14	23.0	4.2	17.8	28.2	26.1	24.2	26.8		0.010	0.001	<0,001
15–29	278.0	75.3	184.5	371.5	347.7	243.0	362.2	0.011		0.008	<0,001
30–44	478.9	80.7	378.7	579.2	595.9	563.8	596.3	0.001	0.008		0.003
45–59	992.9	174.3	776.4	1209.3	1275.9	1101.0	1356.3	<0,001	<0,001	0.003	
60–74	1231.9	157.3	1036.6	1427.3	1582.6	1548.7	1681.2	<0,001	<0,001	<0,001	0.187
>75	902.2	346.6	471.9	1332.5	1151.9	819.1	1465.3	0.019	0.049	0.196	0.801

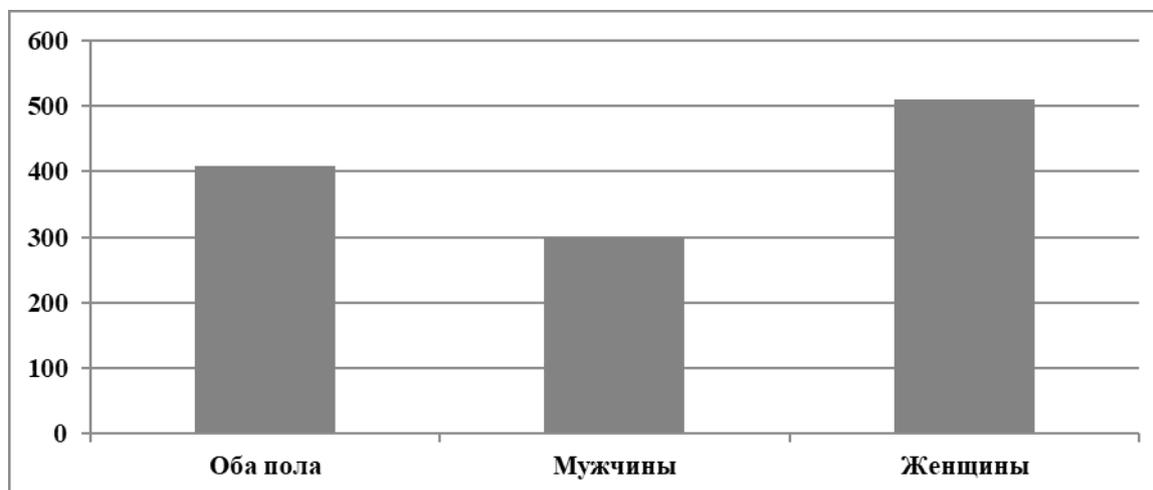


Рис. 2. Среднемноголетний уровень и 95%-й доверительный интервал ИПЗ (на 100 000 населения) РА мужского и женского населения РД за 2014–2018 годы

Влияние пола на заболеваемость РА существенное в условиях РД, о котором свидетельствует достоверная разница между показателями мужчин (Me **336,2**, P25% 327.0, P75% 354.7 на 100 000 мужского населения) и женщин (Me 620.2, P25% 584.8, P75% 657.8 на 100 000 женского населения; P =0.0004). На рисунке 2 проде-

монстрирована достоверное превалирование ИПЗ РА женского населения по сравнению с мужским (рис. 2).

Анализ заболеваемости РА мужского населения показал, что заболеваемость детей РА былакратно ниже, чем у подростков и взрослых (P <0,03). В молодом воз-

Таблица 5. Помесячные медианные значения ИПЗ ревматоидным артритом (M05-M06)

Возраст, лет	Месяц											
	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0–14	2.8*	2.2	2.7	2.4	2.4	2.9	2.8	2.2	2.2	2.0	1.5	2.6
15–29	42.7	23.1	22.3	26.6	23.8	23.8	26.6	24.4	24.2	23.5	22.4	29.9
30–44	61.3	40.7	46.7	44.2	45.3	44.2	47.0	46.0	44.6	39.7	38.2	46.4
45–59	96.0	90.4	100.3	101.8	101.1	104.0	108.7	103.3	91.0	91.3	93.8	114.0
60–74	116.1	114.5	131.7	141.1	129.8	130.8	133.7	133.3	127.8	130.0	119.5	142.1
>75	83.5	91.3	101.2	109.3	107.2	104.9	111.8	102.3	99.9	104.8	85.4	112.9

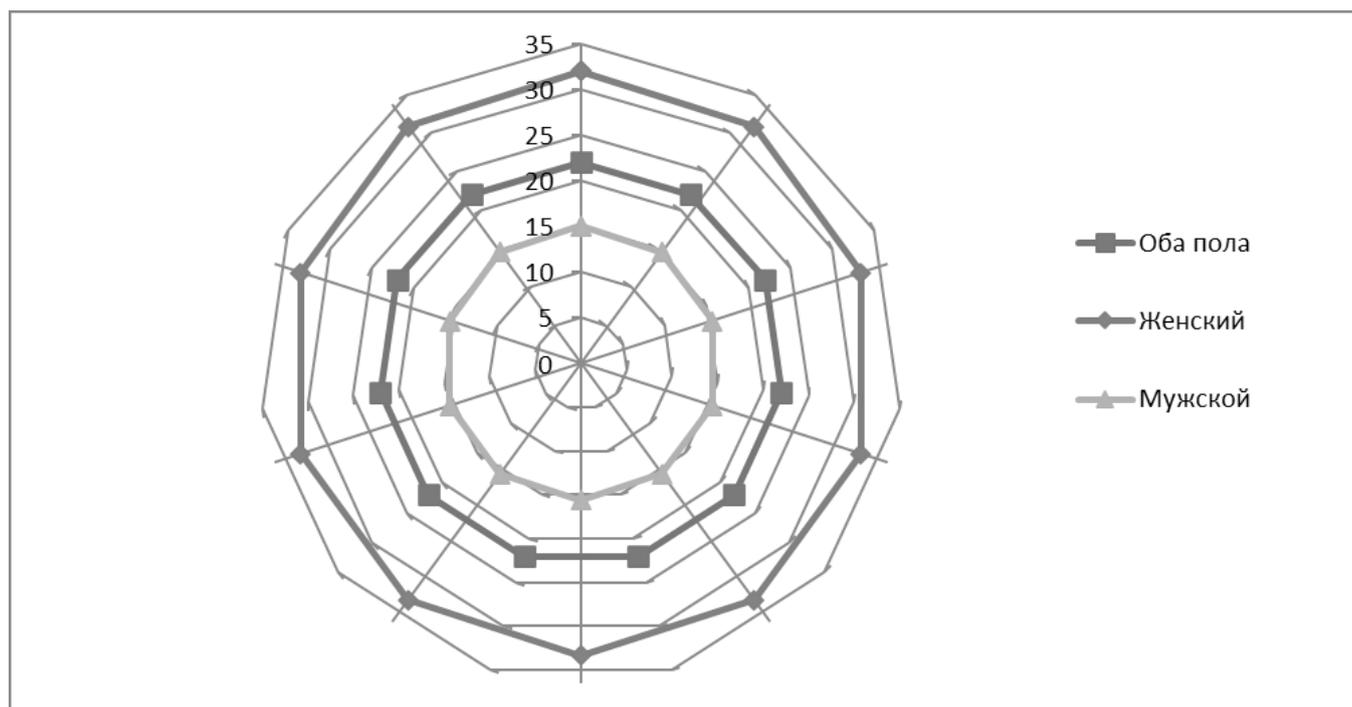


Рис. 3. Месячные значения медианы ИПЗ РА (на 100 000 населения) за 2018–2020 годы

расте (15–44 года) ИПЗ РА достоверно ниже по сравнению с показателем в возрасте 45–74 лет ($P < 0,008$). В возрасте мужчин старше 75 лет из-за высокого коэффициента вариации (40%) ИПЗ РА разница была незначимой ($P > 0,05$) по сравнению с показателем в возрасте 15–74 года (табл. 3).

Заболеваемость РА женского населения РД отличалась кратным ростом показателя с увеличением возраста на 15-летний интервал до 74 лет, затем наблюдалось снижение ИПЗ. Максимальный уровень заболеваемости РА зарегистрирован у женщин в возрасте 45–74 лет (табл. 4).

Уровень ИПЗ РА женского населения в возрасте до 29 лет практически не отличался от такового показателя мужского населения ($P=0,390$). В то же время

кратность превышения ИПЗ РА женщин 30–44 лет над показателем мужчин составляла в 1,6 раза ($P=0,001$), а в возрасте 45–74 лет женщины заболевали в 1,8 раза чаще, чем мужчины ($P < 0,001$), тогда как ИПЗ женщин в возрасте старше 75 лет был выше в 1,3 раза относительно показателя мужчин ($P=0,176$).

Таким образом, максимальная заболеваемость РА мужчин отмечалась в возрасте старше 75 лет, а у женщин — 60–74 лет.

Анализ влияния годовичных ритмов на заболеваемость РА показал, что колебания показателя имели сезонный характер. Для мужского населения пик заболеваемости РА приходился на декабрь, а для женщин — на ноябрь. Мужскому населению были характерны две

Таблица 6. Помесячные медианы ИПЗ ревматоидным артритом (M05-M06) мужского населения РД за 2018–2020 годы (на 100 000 населения)

Возраст, лет	Месяц											
	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0–14	2.6	1.9	2.9	2.3	2.1	2.8	3.5	2.1	2.6	2.1	1.6	2.9
15–29	42.5	21.8	22.4	24.2	19.7	22.1	25.3	21.9	21.4	21.1	20.3	28.1
30–44	49.6	29.0	33.1	30.0	32.3	30.6	34.0	30.6	29.8	26.1	27.4	35.0
45–59	67.5	59.2	65.8	61.4	64.1	67.4	73.8	64.0	57.8	55.0	57.9	72.1
60–74	79.9	79.9	80.5	88.5	79.9	81.5	83.2	77.1	71.1	75.8	80.5	87.0
>75	67.6	64.3	77.9	86.5	79.1	91.5	89.4	82.4	75.8	75.4	65.5	89.8

Таблица 7. Помесячные медианы ИПЗ ревматоидным артритом (M05-M06) женского населения РД за 2014–2018 годы (на 100 000 населения)

Возраст	Месяц											
	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0–14	3.1	2.5	2.6	2.6	2.6	3.1	2.2	2.3	1.9	1.9	1.4	2.4
15–29	44.9	25.5	23.3	30.1	28.8	26.4	29.2	27.9	28.0	26.9	25.5	32.9
30–44	71.3	51.1	58.7	56.8	56.6	56.3	58.4	59.6	57.8	51.7	47.8	56.5
45–59	121.1	117.9	130.9	137.7	133.9	136.5	139.6	138.1	120.4	123.6	125.7	151.0
60–74	141.4	138.7	168.2	178.6	165.4	165.9	169.8	173.8	168.7	169.0	146.9	181.5
>75	90.0	104.3	111.5	118.9	120.2	108.9	121.0	110.5	110.7	118.7	94.3	122.5

Таблица 8. Сезонные уровни медианы, нижней и верхней квартилей ИПЗ РА населения РД в 2018–2020 годы (на 100 000 населения)

Возраст, лет	Зима			Весна			Лето			Осень		
	Me	P25%	P75%	Me	P25%	P75%	Me	P25%	P75%	Me	P25%	P75%
0–14	2.7	2.4	2.8	2.4	2.4	2.7	2.2	2.2	2.5	2.0	1.7	2.3
15–29	23.1	22.7	32.9	23.8	23.8	25.2	24.4	24.3	25.5	23.5	22.9	26.7
30–44	46.7	43.7	54.0	44.2	44.2	44.7	46.0	45.3	46.5	39.7	38.9	43.0
45–59	96.0	93.2	98.2	101.8	101.5	102.9	103.3	97.1	106.0	93.8	92.6	103.9
60–74	116.1	115.3	123.9	130.8	130.3	135.9	133.3	130.5	133.5	130.0	124.8	136.1
>75	91.3	87.4	96.2	107.2	106.1	108.3	102.3	101.1	107.0	104.8	95.1	108.8
Все	49.2	46.8	51.6	49.8	49.6	50.3	50.1	48.5	51.3	46.0	45.1	50.3

волны заболеваемости РА в ноябре-декабре и июне, для женщин — в ноябре-декабре и марте-июле (рис. 3).

Повозрастной анализ сезонных циклов заболеваемости РА населения РД показал, что в детском возрасте пики заболеваемости приходились на май-июнь и декабрь. Молодой возраст (15–44 года) характеризовался максимумом заболеваемости РА в декабре и минимумом — в октябре. В возрасте 45–59 и старше 75 лет волны заболеваемости отмечались в июле и ноябре, а в возрасте 60–74 лет наблюдались три волны показателя в марте, июне-июле и ноябре.

В возрастных группах мужского населения наблюдалась совпадение волн заболеваемости РА в июне и ноябре, за исключением пиковых значений ИПЗ, отмечавшихся в отдельные месяцы первого полугодия (табл. 6).

Внутригодовые колебания заболеваемости РА женского населения имели свои особенности. Для женского населения, особенно в возрасте старше 15 лет, характерны три волны заболеваемости РА в марте, июне-июле и ноябре. В возрасте до 45 лет наблюдались максимальные уровни ИПЗ в декабре (табл. 7).

Таблица 9. Сезонные уровни медианы, нижней и верхней квартилей ИПЗ РА мужского населения РД в 2018–2020 годы (на 100 000 населения)

Возраст	Зима			Весна			Лето			Осень		
	Me	P25	P75	Me	P25	P75	Me	P25	P75	Me	P25	P75
ст, лет		%	%		%	%		%	%		%	%
0–14	2.6	2.2	2.7	2.3	2.2	2.6	2.6	2.3	3.0	2.1	1.9	2.5
15–29	22.4	22.1	32.4	22.1	20.9	23.2	21.9	21.7	23.6	21.1	20.7	24.6
30–44	33.1	31.0	41.3	30.6	30.3	31.5	30.6	30.2	32.3	27.4	26.7	31.2
45–59	65.8	62.5	66.7	64.1	62.7	65.7	64.0	60.9	68.9	57.9	56.5	65.0
60–74	79.9	79.9	80.2	81.5	80.7	85.0	77.1	74.1	80.1	80.5	78.2	83.8
>75	67.6	65.9	72.7	86.5	82.8	89.0	82.4	79.1	85.9	75.4	70.5	82.6

Таблица 10. Сезонные уровни медианы, нижней и верхней квартилей ИПЗ РА женского населения РД в 2018–2020 годы (на 100 000 населения)

Возраст	Me	Зима		Весна			Лето			Осень		
		P25%	P75%	Me	P25%	P75%	Me	P25%	P75%	Me	P25%	P75%
т, лет												
0–14	2.6	2.5	2.8	2.6	2.6	2.9	2.2	2.0	2.2	1.9	1.6	2.1
15–29	25.5	24.4	35.2	28.8	27.6	29.4	28.0	27.9	28.6	26.9	26.2	29.9
30–44	58.7	54.9	65.0	56.6	56.5	56.7	58.4	58.1	59.0	51.7	49.8	54.1
45–59	121.1	119.5	126.0	136.5	135.2	137.1	138.1	129.2	138.8	125.7	124.6	138.3
60–74	141.4	140.1	154.8	165.9	165.6	172.3	169.8	169.3	171.8	169.0	158.0	175.3
>75	104.3	97.1	107.9	118.9	113.9	119.6	110.7	110.6	115.9	118.7	106.5	120.6

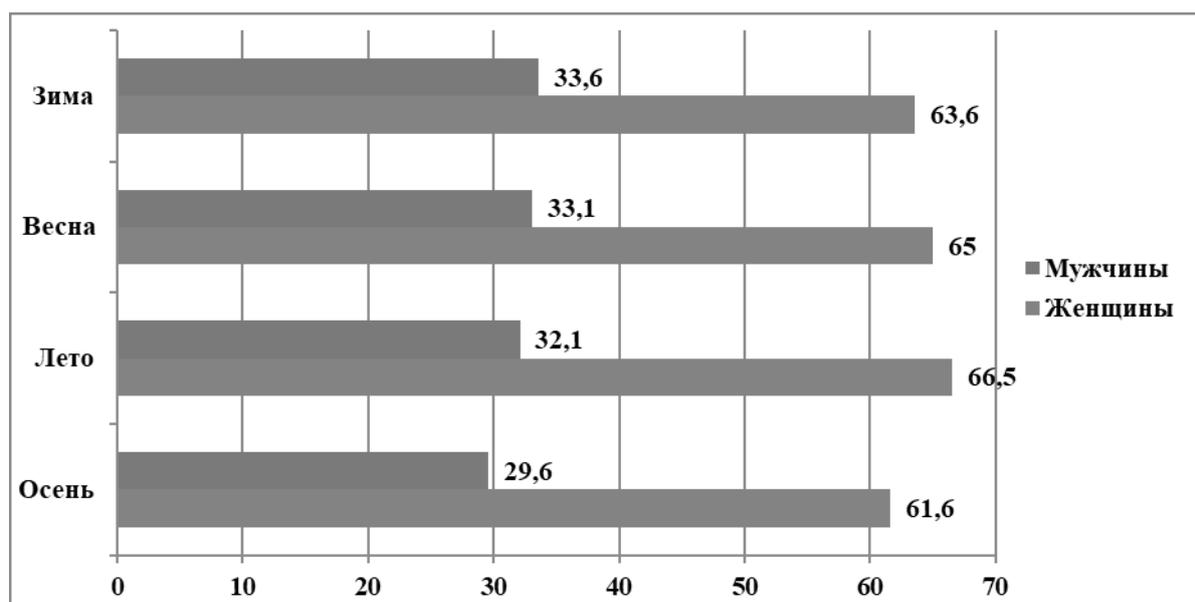


Рис. 4. Сезонные уровни медианы ИПЗ РА мужского и женского населения РД в 2018–2020 годы

При оценке заболеваемости РА следует учитывать сезонность болезни. Обращает на себя внимание весенний и летний периоды учащения случаев РА особенно у лиц старше 45 лет. У пожилых и стариков период высокой заболеваемости может захватывать и осень. Дели более чувствительны к РА зимой, лица 15–29 лет — летом, а в возрасте 30–44 лет — зимой и летом (табл. 8).

Анализ сезонности заболеваемости РА показал, что минимальный уровень показателя отмечался осенью, а максимальные значения у мужчин приходились на зиму, у женщин на лето. Соотношение заболеваемости женщин и мужчин весной составило 2:1, летом и осенью –2,1:1, зимой –1,9:1 (рис. 4).

Сравнение сезонных значений медианы ИПЗ выявило, что мальчики заболевают РА в основном зимой и летом, мужское население трудоспособного возраста (15–59 лет) — зимой, пожилые и старики — весной (табл. 9).

Максимальные уровни медианы ИГО РА женского населения несколько отличается от таковых значений у мужчин. Так, девочки больше подвержены развитию РА зимой и весной, женщины в возрасте 15–29 лет — весной, 30–44 года — зимой и летом, 45–59 лет — летом, 60–74 года — летом и осенью, а старческого возраста — весной и осенью. Таким образом, заболеваемость РА женского населения с увеличением возраста смещается от зимы к осени (табл. 10).

Таким образом, в дагестанской популяции показатели заболеваемости РА имеют свои особенности в зависимости от гендерных и возрастных характеристик. Внутригодовые колебания заболеваемости РА имеют сезонный характер с относительно высокой частотой в ноябре-декабре.

Полученные результаты исследования свидетельствуют о том, что в условиях РД заболеваемость РА соответствует данным, полученным другими исследователями [6], т.е. заболевание наиболее характерно для женщин и пожилых людей. По данным ряда авторов [3,4] соотношение женщин и мужчин среди заболевших РА составляло 2,5:1, а по нашим данным оно варьировало от 2,1:1 до 1,9:1 в зависимости от сезонов года. Пик начала заболевания по литературным данным приходится на возраст 30–55 лет [3,4], а по данным настоящего исследования начало заболевания зависит от пола, так у мужчин оно соответствует старческому возрасту, у женщин — 60–74 годам. Данные Института ревматологии РАН [2] также подтверждают более высокую распространенность болезни у лиц в возрасте 45 лет и старше, у которых ее уровень возрастал до 0,87%. Однако после 85 лет уровень заболеваемости, напротив,

снижался [9], что подтверждается результатами нашего исследования.

В ранее проведенных нами исследованиях было доказано влияния этнических особенностей населения на заболеваемость РА [11], что может объяснить различие показателей в различных странах мира. Для японской популяции может быть наиболее актуальным заболеваемость РА весной и зимой, когда наблюдаются высокие сезонные показатели [11]. В нашем исследовании продемонстрирована зависимость сезонных колебаний заболеваемости РА от пола и возраста населения. Пик заболеваемости РА в основном в РД приходился на конец осени и начало зимы.

В эпидемиологическом исследовании было показано, что наиболее неблагоприятным месяцем по смертности от сердечно-сосудистых болезней для населения РД является январь [11], и аналогичная картина наблюдается относительно возникновения РА в дагестанской популяции с максимумом заболеваемости в декабре. Вероятно, существует общая причина обострения сердечно-сосудистых болезней и РА, что требует дальнейшего изучения.

Сезонные изменения следует учитывать у пациентов с РА, чтобы лучше понять их симптомы [12]. Рассмотрение сезонных моделей аутоиммунных заболеваний может дать ключ к патогенезу заболеваний и привести к разработке новых подходов в лечении и профилактической помощи.

Выводы

1. В динамике заболеваемости РА мужского и женского населения РД отмечается тенденция к снижению.
2. Показатель заболеваемости РА женского населения РД достоверно выше, чем у мужчин. Соотношение заболеваемости женщин и мужчин составило 2:1.
3. Максимальная заболеваемость РА населения РД наблюдалась в возрасте 60–74 лет, при этом таковым был показатель у мужчин старше 75 лет.
4. Сезонность заболеваемости РА мужского населения характеризовалась двумя волнами в ноябре-декабре и июне, для женщин — в ноябре-декабре и марте-июле.
5. Мальчики заболевают РА в основном зимой и летом, мужское население трудоспособного возраста (15–59 лет) — зимой, пожилые и старики — весной. Девочки больше подвержены развитию РА зимой и весной, женщины в возрасте 15–29 лет — весной, 30–44 года — зимой и летом, 45–59 лет — летом, 60–74 года — летом и осенью, а старческого возраста — весной и осенью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Havens E, Slabaugh SL, Helmick CG, Cordier T, Zack M, Gopal V, Prewitt T. Comorbid Arthritis Is Associated With Lower Health-Related Quality of Life in Older Adults With Other Chronic Conditions, United States, 2013–2014. *Prev Chronic Dis.* 2017;14: E60. doi: 10.5888/pcd.14.160495.
2. Насонов Е.Л., Каратеев Д.Е. Ревматоидный артрит. В кн.: Ревматология: Российские клинические рекомендации. Под ред. Е.Л. Насонова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. С.17–57.
3. Панафидина Т.А., Кондратьева Л.В., Герасимова Е.В. и др. Коморбидность при ревматоидном артрите. *Научно-практическая ревматология* 2014;52(3):283–289.
4. Клинические рекомендации: Ревматоидный артрит. М.: Ассоциация ревматологов России, 2018.
5. Zhi L, Yao S, Ma W, Zhang W, Chen H, Li M., Ma J. Polymorphisms of RAD51B are associated with rheumatoid arthritis and erosion in rheumatoid arthritis patients. *Sci Rep.* 2017;7:45876. doi: 10.1038/srep45876.
6. Scott DL, Wolfe F, Huizinga TW. Rheumatoid arthritis. *Lancet.* 2010;376(9746):1094–108. doi: 10.1016/S0140–6736(10)60826–4.
7. Заболеваемость всего населения России в 2017 году: Статистические материалы, Части I и II. Москва: Минздрав России, 2018. С. 113–122.
8. Заболеваемость всего населения России в 2013 году: Статистические материалы, Часть I. Москва: Минздрав России, 2014. С. 113–122.
9. Gabriel S.E. The epidemiology of rheumatoid arthritis. *Rheum.Dis.Clin.North.Am.*, 2001, 27(2), 269–281.
10. Фоломеева О.М., Галушко Е.А., Эрдес Ш.Ф. Распространенность ревматических заболеваний в популяциях взрослого населения России и США. *Научно-практическая ревматология.* 2008;(4):4–13.
11. Саидова З.М., Атаева Ю.М. Этнические особенности заболеваемости ревматоидным артритом населения Республики Дагестан. *Экологическая медицина* 2019;2(1):79–90. DOI: 10.34662/EM.2019.2.1.79–90.
12. Атаев М.Г., Гаджиева С.А. Сезонность смертности от болезней системы кровообращения мужчин и женщин сельского и городского населения предгорья. *Проблемы экологической медицины: материалы VI Республиканской научно-практической конференции / Под ред. С.А. Абусуева, М.Г. Атаева.* Махачкала: ИПЦ ДГМУ, 2016. С. 53–58.

© Саидова Заира Магомедовна (spssaidova@mail.ru), Ахмедханов Сейпула Шапиевич (saip@mail.ru),
Саидов Магомед Саидович (magomed.saidov.76@mail.ru), Саидова Барият Магомедовна (spssaidova@mail.ru),
Бейбалаева Альбина Тагировна (beybalaeva89@mail.ru), Абдуллаева Барият Сайпулаевна (Baryat1977@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Дагестанский государственный медицинский университет

ИЗМЕНЕНИЯ СТЕПЕНИ ОКСИГЕНАЦИИ ТКАНЕЙ ПРИ ДЕНТАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

CHANGES IN THE DEGREE OF TISSUE OXYGENATION DURING DENTAL IMPLANTATION

**V. Slepushkin
G. Toboev
M. Koroeva**

Summary. Over the past decades, dental implantation has been widely used in the treatment of patients with partial and complete adentia. This method has become traditional and the most appropriate for improving the quality of life. The modern approach to the use of dental implantation includes measures aimed at creating optimal conditions associated with the restoration of bone tissue. Objective: to determine the relationship between the degree of tissue oxygenation during dental implantation and possible complications in the early postoperative period. The studies were carried out in 145 patients aged 19 to 53 years who underwent surgical intervention for the installation of dental implants. Changes in the degree of oxygen extraction by tissues in the area of the surgical wound during the installation of dental implants appear earlier than clinical signs and, therefore, this indicator can serve as a kind of prognostic marker of possible complications.

Keywords: oxygen extraction, oxygenation, dental implantation, bone tissue restoration.

Слепушкин Виталий Дмитриевич

*Д.м.н., профессор, Северо-Осетинская
государственная медицинская академия, Владикавказ
slevit@mail.ru*

Тобоев Георгий Владимирович

*Д.м.н., профессор, Северо-Осетинская
государственная медицинская академия, Владикавказ
gtoboev@yandex.ru*

Короева Мадина Олеговна

*Аспирант, Северо-Осетинская государственная
медицинская академия, Владикавказ
madina-koroeva@yandex.ru*

Аннотация. За последние десятилетия дентальная имплантация широко применяется в лечении пациентов с частичной и полной адентией. Этот метод стал традиционным и наиболее адекватным для повышения качества жизни. Современный подход к применению дентальной имплантации включает мероприятия, направленные на создание оптимальных условий, связанных с восстановлением костной ткани. Цель исследования: определить взаимосвязь степени оксигенации тканей при дентальной имплантации и возможными осложнениями в ранний послеоперационный период. Исследования выполнены у 145 пациентов в возрасте от 19 до 53 лет, которым выполнялось оперативное вмешательство по установке дентальных имплантатов. Изменения степени экстракции кислорода тканями в области операционной раны при установке дентальных имплантов проявляются раньше, чем клинические признаки и, следовательно, данный показатель может служить своеобразным прогностическим маркером возможных осложнений.

Ключевые слова: экстракция кислорода, оксигенация, дентальная имплантация, восстановление костной ткани.

За последние десятилетия дентальная имплантация широко применяется в лечении пациентов с частичной и полной адентией. Этот метод стал традиционным и наиболее адекватным для повышения качества жизни. Современный подход к применению дентальной имплантации включает мероприятия, направленные на создание оптимальных условий, связанных с восстановлением костной ткани [3].

Несмотря на то, что имплантация в последние годы отличается высоким уровнем успеха, актуальной проблемой стоматологии остается возможность осложнений, связанных в первую очередь с развитием воспаления тканей, окружающих имплантат [1].

Понимание течения воспалительно-деструктивных процессов вокруг дентального имплантата после его установки, а также реакции организма на сам имплантат как инородное тело, направляет ученых и производителей имплантатов к совершенствованию уже используемых консервативных и хирургических методов лечения этих заболеваний, а также большему вниманию к профилактике и прогнозированию развития данной патологии, и, соответственно, факторам риска её развития. В то же время большое количество работ демонстрируют прямую взаимосвязь между развитием воспалительного ответа в послеоперационном периоде и рядом клинических факторов: продолжительностью и обширностью хирургического вмешательства,

Таблица 1. Параметры оксигенации тканей

Исследуемые параметры	До операции	1 сутки после операции	2 сутки после операции	3 сутки после операции	4 сутки после операции	5 сутки после операции
SpO ₂ %	97,1±1,0	96,4±0,8	97,3±0,9	97,5±0,7	97,3±0,6	97,7±0,8
SvO ₂ %	71,2±0,6	64,6±0,6*	64,4±0,7*	68,8±0,7	70,2±0,7	70,8±0,8
A-Vo ₂ %	25,9±0,4	31,4±0,7*	32,4±0,6*	29,9±0,9	26,6±0,6	25,8±0,7

Примечание: * — P<0,05 по отношению к соответствующей величине до операции

Таблица 2. Кислородный обмен в области операционной раны у пациентов с наличием воспалительного процесса

Исследуемые параметры	До операции	1 сутки после операции	2 сутки после операции	3 сутки после операции	4 сутки после операции	5 сутки после операции
SpO ₂ %	97,1±1,0	96,2±0,8	97,1±0,8	97,1±0,7	97,3±0,7	97,4±0,8
SvO ₂ %	71,2±0,6	44,6±0,6**	44,4±0,6**	58,8±0,8*	68,2±0,7	70,8±0,7
A-Vo ₂ %	25,9±0,4	51,4±0,5**	52,5±0,6**	39,9±0,4*	28,6±0,6	26,3±0,7

Примечание: * — P<0,05, ** — P<0,01 по отношению к соответствующей величине до операции

длительностью анестезии, что в свою очередь может вызвать изменение трофики в зоне оперативного вмешательства [5,7].

Цель исследования

Определить взаимосвязь степени оксигенации тканей при детальной имплантации и возможными осложнениями в ранний послеоперационный период.

Материал и методы

Исследования выполнены у 145 пациентов (76 мужчин 69 женщин) в возрасте от 19 до 53 лет, которым выполнялось оперативное вмешательство по установке дентальных имплантатов.

Для оценки степени оксигенации тканей в месте оперативного вмешательства использовали церебральный/соматический оксиметр INVOS. Электрод оксиметра накладывался на щеку в области оперативного вмешательства. Церебральный/соматический оксиметр позволяет оценить степень насыщения гемоглобина кислородом венозной крови (SvO₂%), тогда как пульсоксиметр — степень насыщения гемоглобина кислородом артериализированной крови (SaO₂ в%). Разница в степени насыщения гемоглобина кислородом артериализированной крови и венозной крови дает возможность определить коэффициент поглощения кислорода тканями (CAO₂ в%):

$$CAO_2 = SaO_2 - SvO_2$$

В норме коэффициент поглощения кислорода тканями составляет 25–30% [6].

Определили динамику показателей кислородного обмена у всех 145 пациентов.

Датчики церебрального/соматического монитора INVOS накладывались на щеку в области операционной раны. Пульсоксиметрический датчик надевался на палец руки. Исследование проводили за сутки до операции и в течение пяти суток после операции.

Результаты исследования

Полученные данные представлены в таблице 1.

Из данных, приведенных в таблице 1 видно, что на 1-е и 2-е сутки после операции суммарно у пациентов снижается насыщение гемоглобина кислородом венозной крови. Это приводит к повышению артерио-венозной разницы по кислороду, что говорит о том, что ткани в области операционной раны более интенсивно повышают экстракцию кислорода из артериальной крови в первые двое суток после выполнения хирургического вмешательства.

Из 145 хирургических вмешательств у 11 пациентов наблюдались следующие осложнения:

- ♦ воспалительный процесс в области операционной раны на 5–7 сутки — 6 случаев (4,1%);
- ♦ отторжение имплантата на 4–5 сутки — 5 случаев (3,4%).

Таблица 3. Показатели кислородного баланса у пациентов с отторжением имплантатов

Исследуемые параметры	До операции	1 сутки после операции	2 сутки после операции	3 сутки после операции	4 сутки после операции	5 сутки после операции
SpO ₂ %	97,1±1,0	96,3±0,8	97,2±0,8	97,0±0,6	97,2±0,7	97,4±0,7
SvO ₂ %	71,2±0,6	84,6±0,8**	84,4±0,9**	88,8±0,8**	79,2±0,8*	76,8±0,7
A-Vo ₂ %	25,9±0,4	13,4±0,4**	12,5±0,5**	9,8±0,4**	18,6±0,6**	21,3±0,7*

Примечание: * — P<0,05, ** — P<0,01 по отношению к соответствующей величине до операции

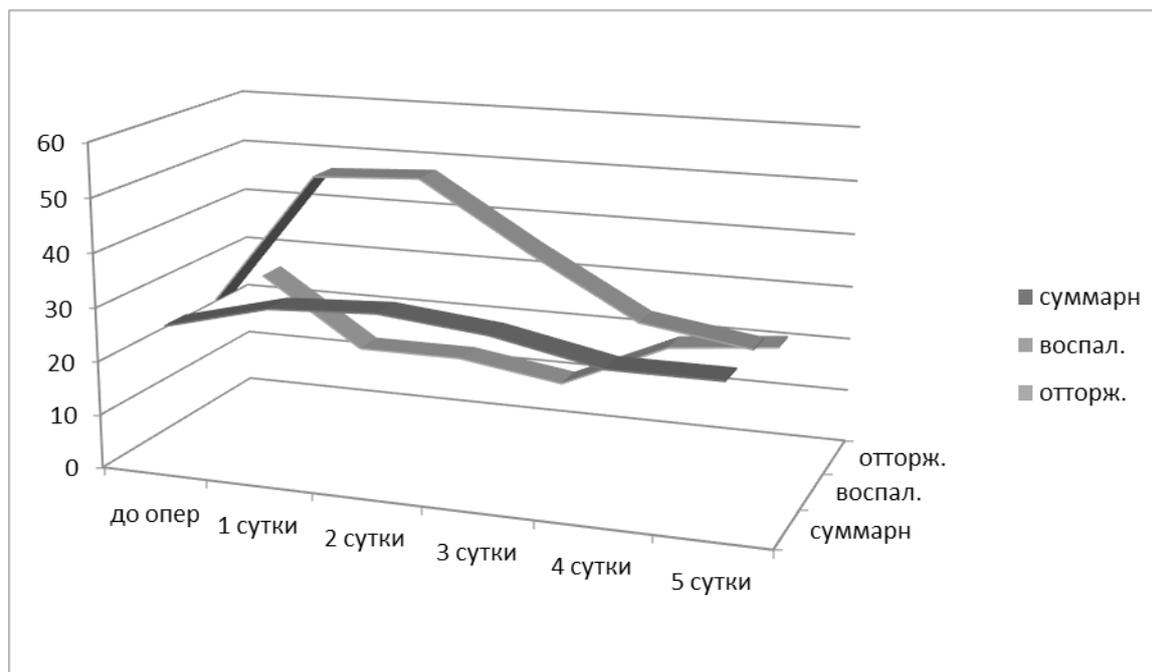


Рис. 1. Динамика степени экстракции кислорода тканями у всех оперированных пациентов (суммарн), у пациентов с воспалительными процессами (воспал.) и у пациентов с отторжением трансплантатов (отторж.)

В зависимости от приведенных осложнений у пациентов проанализировали динамику кислородного обмена в области операционной раны. При наличии воспалительного процесса динамика кислородного обмена приведена в таблице 2.

В 1–3 дни после проведения хирургического вмешательства в условиях общей анестезии у пациентов с воспалительными процессами в области операционной раны регистрировалось уменьшение насыщения гемоглобина кислородом венозной крови, наиболее выраженное в 1 –е и 2-е сутки. Это приводило к тому, что повышалась артерио-венозная разница по кислороду, то есть увеличивалась экстракция кислорода в области операционной раны. Динамика кислородного баланса в области операционной раны у пациентов с отторжением имплантатов приведена в таблице 3.

Из результатов, приведенных в таблице 3 видно, что у пациентов, у которых в ближайшем послеоперационном периоде произошло отторжение костных имплантатов, в течение всех пяти дней наблюдения происходило высокое статистически значимое увеличение насыщения гемоглобина кислородом венозной крови, которое только несколько снизилось на 5-е сутки, хотя и оставалось статистически значимым по отношению к дооперационным величинам. Соответственно, на 1–5-е сутки значительно снижалась артерио-венозная разница по кислороду, указывая на снижение экстракции кислорода тканями в области операционной раны.

Таким образом, зафиксированные хирургические осложнения могли зависеть от разнонаправленных результатов степени экстракции кислорода в области операционной раны, как результирующего показателя

кислородного обмена, что наглядно видно на рисунке 1.

У пациентов, у которых в послеоперационном периоде регистрировался воспалительный процесс в области раны, отмечалось в первые и вторые сутки двукратное возрастание степени экстракции кислорода по сравнению с дооперационным периодом. Следует отметить, что в первые сутки у пациентов отмечался только отек мягких тканей при отсутствии явных признаков воспаления. Однако, уже имела место картина повышения экстракции кислорода местными тканями в области операционной раны. На вторые сутки отмечались явные признаки воспаления в виде гиперемии, гипертермии, болезненности и отека тканей. При этом также имело место двукратное возрастание степени экстракции кислорода тканями.

На третьи сутки, по мере ликвидации воспаления, степень экстракции кислорода снижалась, хотя и оставалась еще повышенной по сравнению с дооперационным периодом на 54%. В дальнейшем, то есть на 4-е и 5-е сутки, при отсутствии клинической картины воспаления, экстракции кислорода в области операционной раны возвращалась к дооперационным величинам.

В группе пациентов, у которых в конечном итоге отмечались осложнения в виде отторжения костных имплантатов, динамика суммарного показателя кислородного баланса — степени экстракции кислорода тканями — была следующей. В первые и вторые сутки местные ткани в области раны были бледными, на ощупь холодными. В эти же сроки регистрировалось двукратное снижение степени экстракции кислорода тканями в области операционной раны. Также на третьи сутки степень экстракции кислорода составляла всего 38% от дооперационного уровня, то есть ткани практически не потребляли кислород. На 7–9 сутки появлялись клинические признаки отторжения имплантата (болезненность, гноетечение из под линии швов, подвижность внутрикостной части), которые удалялись. Однако, степень экстракции кислорода тканями у данных пациентов оставалась сниженной.

Таким образом сделать вывод, что изменения степени экстракции кислорода тканями в области операционной раны при установке дентальных имплантов проявляются раньше, чем клинические признаки и, следовательно, данный показатель может служить своеобразным прогностическим маркером возможных осложнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев, А.А., Шемонаев В.И., Михальченко Д.В., Величко А.С. Взгляд на проблему дентальной имплантации в свете современных научных представлений / Волгоградский научно-медицинский журнал. 2009. № 2 (22). С. 19–24.
2. Гараев, З.И. Снижение риска развития осложнений дентальной имплантации / З.И. Гараев, Р.А. Джавадов, Х.Б. Насиров // Современная стоматология — 2014, № 2 — с. 74–76
3. Иванов, С.Ю. Основы дентальной имплантологии / С.Ю. Иванов, А.А. Мураев, И.Ю. Петров // М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017. — 152 с.
4. Кулаков, А.А. Дентальная имплантация: национальное руководство / А.А. Кулаков // М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. — 400с.
5. Малыгина, И.Ф. Тканевая оксиметрия: оценка жизнеспособности свободных лоскутов при реконструкции головы и шеи / И.Ф. Малыгина, А.И. Неробеев, А.С. Добродеев // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. — 2015. — Т. 18, № 2 (53). — С. 11–24.
6. Слепушкин, В.Д. — Мониторинг и церебральная оксиметрия в анестезиологии и интенсивной терапии / В.Д. Слепушкин, М.Ю. Осканова, С.С. Сабаев // Москва-Владикавказ, 2013. — 80 с.
7. Petrova A., Mehta R. Near-infrared spectroscopy in the detection of regional tissue oxygenation during hypoxic events in preterm infants undergoing critical care / A. Petrova, R. Mehta // *Pediatr Crit Care Med.* — 2006. — V. 7. — P. 449–54.

© Слепушкин Виталий Дмитриевич (slevit@mail.ru),

Тобоев Георгий Владимирович (gtoboev@yandex.ru), Короева Мадина Олеговна (madina-koroeva@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЗАТРУДНЕННОЕ ПРОРЕЗЫВАНИЕ ТРЕТЬИХ МОЛЯРОВ. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

HARD CUTTING OF THIRD MOLARS. REVIEW OF LITERATURE

V. Khovayko

Summary. The article analyzes the literature on the problem of difficult eruption of third molars. It has been shown that the high prevalence of obstructed eruption of third molars and associated complications remains an urgent problem for dentists of various specialties. Accordingly, it is necessary to further study the factors that determine the development of difficult eruption of these teeth, which are important for understanding the essence of this pathology and finding the most optimal ways to solve the problems associated with it.

Keywords: the third permanent molars, eruption pathology, dystopia, retention.

Ховайко Виталий Александрович

Аспирант, Тверской государственный медицинский университет
vitality_95@bk.ru

Аннотация. В статье проводится анализ литературы по проблеме затрудненного прорезывания третьих моляров. Затрудненное прорезывание третьих моляров и связанные с ними осложнения остаются актуальной проблемой врачей стоматологов различных специальностей. Необходимо дальнейшее изучение факторов, обуславливающих развитие затрудненного прорезывания данных зубов, имеющих важное значение для понимания сути данной патологии и поиска наиболее оптимальных путей решения проблем, связанных с ней.

Ключевые слова: третьи постоянные моляры, патология прорезывания, дистопия, ретенция.

Введение

Высокая распространенность болезней прорезывания третьих моляров и частое возникновение осложнений привлекает особое внимание клиницистов. По данным различных авторов частота встречаемости данной патологии варьирует от 8,6% до 97% [1]. По результатам многочисленных исследований показано, что патология прорезывания третьих моляров возникает в результате таких процессов как ретенция и дистопия, обусловленных анатомическими факторами: диспропорцией между размерами коронковой части зуба и необходимыми размерами тела челюсти для физиологического позиционирования зуба [2].

Прорезывание третьих моляров связано с достаточно сложным процессом перестройки всего лицевого скелета в целом [3]. Индивидуальные особенности третьих моляров проявляются в их размерах, общей форме, количестве корней и конфигурации коронковых отделов. В этом отношении в исследовательской литературе имеет место описание многих разрозненных между собой морфологических признаков [4, 5]. Помимо названных аспектов, большой интерес вызывают вопросы, которые касаются особенностей развития третьих моляров в периоде, предшествующем процессу их прорезывания. Клинические наблюдения свидетельствуют, что этот скрытый процесс чувствителен ко многим неблагоприятным внутренним факто-

рам, вследствие которых развиваются разносторонние отклонения развития этих зубов, в частности дистопия и ретенция [6, 7].

При этом вопросы своевременной диагностики затрудненного прорезывания третьих моляров остаются до конца неизученными. На сегодняшний день они доступны для решения с помощью методов рентгенографии зубчелюстной системы [8, 9]. Как правило, диагностика проводится в клинических условиях при возникновении целого ряда возможных осложнений, сопровождающих эту патологию — перикоронарита, периостита, остеомиелита, флегмон [10]. Однако многочисленные научные труды, посвященные поднятой проблеме, не отличаются систематизацией отдельных фактов, что и определило цель настоящего исследования.

Цель работы

Проанализировать литературу по проблеме затрудненного прорезывания третьих моляров.

Затрудненное прорезывание зубов остается сегодня актуальной проблемой, причем наиболее часто ретинированными зубами являются третьи моляры [11]. Верхние зубы мудрости и проблемы, связанные с их прорезыванием по определенным анатомическим особенностям верхней челюсти привлекают к себе мень-

шее внимание, чем нижние третьи моляры. Данными особенностями являются меньшая плотность костной ткани, меньшая выраженность компактного вещества, отсутствие зон уплотнения. Ортодонтическое лечение пациентов с ретенцией верхних зубов мудрости обычно является более простой процедурой [12].

Одонтогенез, как известно, при нормальных условиях развития заканчивается прорезыванием третьих моляров, что обычно начинается с 16-ти летнего возраста. Однако существует большая вероятность затруднений этого процесса, связанного с развитием большого количества разнообразных фенотипических отклонений строения третьих моляров от заданной генотипом формы. Эти зубы считают запоздалыми не только потому, что они прорезываются в более поздний срок, но и потому, что начало их закладки происходит примерно на 5-м году постнатального периода жизни [4, 13].

В настоящее время, с клинической точки зрения нарушения процесса развития и прорезывания третьих моляров можно распределить на две категории. К первой из них следует отнести всевозможные нарушения самого процесса их развития, причем наиболее уязвима стадия формирования корневых отделов, а ко второй категории принадлежат разные отклонения продольной ориентации зуба в костной основе челюстей, возникшие в процессе формирования его корней. В этом отношении в стоматологии распространены такие термины, как «ретенция» и «дистоция» [14].

Процесс затрудненного прорезывания зубов сопряжен с функциональной активностью системы провоспалительных цитокинов и их индуцирующим влиянием на течение и исход воспалительной реакции. Степень функционирования системы цитокинов определяется генетическими свойствами. В то же время ведущее значение имеет полиморфизм генов, кодирующих экспрессию рецепторов сигнальных регуляторов клеток моноцитарно-лимфоцитарного звена [15].

Авитаминозы, рахит, инфекционные заболевания, нарушение эндокринного баланса, особенно развивающиеся в юношеском возрасте и в период прорезывания зубов мудрости, способствуют возникновению условий, при которых эти зубы прорезываются с затруднениями и осложнениями [15,16].

Показано, что ретенция третьих моляров в 75% обуславливает осложнения воспалительного характера различной степени тяжести [13]. Основным проявлением является боль в области прорезывающегося зуба, с иррадиацией в область виска или уха, затрудненное жевание, глотание, открытие рта. Воспаление вызывается обычной микрофлорой, а фактором для ее развития

может служить скопление остатков пищи в зубодесневом кармане, травма слизистой коронкой прорезывающегося зуба. Воспаление приводит к распространению процесса на окружающие ткани, повышению температуры в области поражения, а также может приводить к увеличению регионарных лимфатических узлов, неприятному запаху изо рта. При отсутствии лечения может появиться гноетечение, поднадкостничный абсцесс, образоваться флегмона.

Основными осложнениями затрудненного прорезывания третьих моляров являются: острый перикоронит, субпериостальный абсцесс, гнойное воспаление фолликулярной кисты ретенированного зуба. Острый и хронический перикоронит могут приводить к развитию язвенного стоматита, абсцессов и флегмон околочелюстной области [17].

Большое количество рыхлой клетчатки, определяющей пути распространения гнойной инфекции, и активизация анаэробных и факультативно-анаэробных бактерий из обычной микрофлоры полости рта обуславливают формирование острого гнойного периодонтита ретромоларной области и околочелюстных абсцессов и флегмоны [18].

Пациенты с затрудненным прорезыванием третьих моляров обследуются с применением традиционных методов визуализации [13]. Рентгенограммы анализируются с изучением топографии третьих моляров, их положения по отношению к впередистоящему зубу, степень его наклона (ангуляцию), состояние твердых тканей зуба и периапикальных тканей, отношение зуба к ветви и каналу нижней челюсти [18].

При анализе данных ортопантомограмм необходимо принимать во внимание возможные искажения полученных изображений. Информативна трехмерная реконструкция изображения, поскольку она позволяет легче проследить особенности и пространственное расположение зубов [19].

Конусно-лучевая компьютерная томография более информативный метод диагностики костных патологических процессов, при планировании оперативного вмешательства, а также проектировании результатов оперативного лечения и создании интраоперационных шаблонов [20].

Согласно данным литературы [21–24] одна из актуальных проблем современной стоматологии заключается в решении вопроса о сохранении или необходимости удаления того или иного третьего моляра, поскольку невозможно предугадать «поведение» его в процессе прорезывания. Принято считать, что не-

правильное положение третьих моляров должно быть тщательно изучено, а вопрос об их удалении не должен считаться профилактической мерой, а рассматриваться как метод лечения. По данным цитируемых выше авторов потенциальные осложнения, вызванные этими зубами, могут заключаться в затрудненном прорезывании с развитием периодонтита, образовании фолликулярных кист и других патологических изменениях в костной ткани вблизи соседних зубов и/или твердых тканях дистальной поверхности других моляров и т.д.

Одними учеными, показано, что удаление причинного зуба при затрудненном прорезывании третьего моляра прерывает воспалительный процесс [25]. Тогда как другие авторы доказывают нецелесообразность профилактического удаления третьих моляров [26].

Национальным институтом здоровья США подчеркивается, что удаление зачатков третьих постоянных моляров в раннем возрасте при неправильном их положении или недостаточном месте для их прорезывания не может считаться профилактикой.

Остается не решенным вопрос о воздействии третьих моляров на развитие патологии прикуса. Некоторыми учеными показано, что данные зубы значимо не влияют на формирование скученности зубов [27], тогда как другие [19] показывают необходимость удаления третьих моляров в лечении и профилактике скученности зубов. В ряде исследований [28] доказано, что заболевания вторых моляров развиваются гораздо реже при отсутствии третьих. Наличие третьего моляра увеличивает риск развития патологии вторых моляров в 4,88 раза.

Согласно зарубежным исследованиям, в настоящее время удаляется 40% ретенционных третьих моляров [29], из которых только 20% прорезываются самостоятельно, причем часть из них после ортодонтического лечения, сопровождающегося удалением отдельных постоянных зубов и закрытием образовав-

шегося свободного места. При этом для составления плана комплексного лечения пациентов с аномалиями зубочелюстной системы необходимо на этапе предоперационной диагностики выявить нарушения в формировании постоянных моляров, определить размер и позицию зачатков, а также оценить вероятность их прорезывания [30].

Показана целесообразность удаления зачатков третьих моляров при уменьшении ретромоларной области для стабильности ортодонтической коррекции [31]. T. Jasinevicius et al. (2008) рекомендуют удалять ретенционные и полуретенционные третьи постоянных моляры у людей до 35 лет. [32].

И.Г. Волковым с соавт. (2007), опровергнута функциональная неполноценность третьих моляров. Авторы доказали более раннее проявление и прогрессирование кариеса вторых и первых моляров, приводящее в конечном итоге к их утрате [33], что обуславливает ценность третьих моляров для протезирования больших. Несмотря на это, в связи с наличием ряда объективных причин (технических трудностей при лечении осложненных форм кариеса зубов мудрости, неблагоприятным влиянием зубов мудрости на формирование зубочелюстного аппарата, сопровождающееся аномалиями прикуса идеформацией зубных рядов) в настоящее время все больше врачей нацелены на расширение показаний к удалению зубов мудрости.

Заключение

Таким образом, затрудненное прорезывание третьих моляров и связанные с ними осложнения остаются актуальной проблемой врачей стоматологов различных специальностей. Необходимо дальнейшее изучение факторов, обуславливающих развитие затрудненного прорезывания данных зубов, имеющих важное значение для понимания сути данной патологии и поиска наиболее оптимальных путей решения проблем, связанных с ней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иорданишвили А.К., Коровин Н.В., Сериков А.А. Анатомо-топометрические характеристики челюстей при прорезывании и ретенции зубов мудрости // Проблемы стоматологии. 2017;13:53–56
2. Гайворонский И.В., Николенко В.Н., Иорданишвили А.К. Анатомические причины развития ретенции третьих моляров на нижней челюсти // Человек и его здоровье. 2015;2:61–65.
3. Huang G.J., Cunha-Cruz J., Rothen M. A prospective study of clinical outcomes related to third molar removal or retentio // Am.J. Public. Health. 2014; 104: 728–734.
4. Banar N., Bertels J., Laurent F., Boedi R.M., De Tobel J., Thevissen P. Towards fully automated third molar development staging in panoramic radiographs // Int J Leg Med. 2020;134(5):1831–41.
5. Baker E.W., Lopez E.K.N., Schnke M., Schulte E., Schumacher U. Anatomy for dental medicine. New York: Thieme; 2020. 590 p.
6. Гасимова З.В. О распространенности ретенции моляров // Вестник проблем биологии и медицины. 2014; 2:87–92.

7. Hasan K.M., Sobhana C.R., Rawat S.K., Singh D., Mongia P., Fakhruddin A. Third molar impaction in different facial types and mandibular length: A crosssectional study // National Journal of Maxillofacial Surgery. 2021;12(1):83.
8. Banar N., Bertels J., Laurent F., Boedi R.M., De Tobel J., Towards fully automated third molar development staging in panoramic radiographs. // Int J Leg Med. 2020;134(5):1831–41.
9. Madhu G., Prashanth S.K., Laxmikanth C., Suresh K.V. Panoramic radiograph as a diagnostic tool for the prediction of mandibular third molar eruption // International Journal of Maxillofacial Imaging. 2021;2(1):17–21.
10. Basat S.O., Surmeli M., Demirel O. Assessment of the Relationship Between Clinicophysiological and Magnetic Resonance Imaging Findings of the Temporomandibular Disorder // J. Craniofac. Surg. 2016;8(27):194–1950.
11. Arakji H. Comparison of Piezosurgery and Conventional Rotary Instruments for Removal of Impacted Mandibular Third Molars: A Randomized Controlled Clinical and Radiographic Trial // Int. J. Dent. 2016; 2016.
12. Livas C., Pandis N., Boonij J.W. Influence of unilateral maxillary first molar extraction treatment on second and third molar inclination in Class II subdivision patients // Angle Orthod. 2016;86(1): 94–100.
13. Rolseth V., Mosdøl A., Dahlberg P.S., Ding Y., Bleka Ø. Age assessment by Demirjian's development stages of the third molar: a systematic review // Eur Radiol. 2019;29(5):2311–21.
14. Sinha V.P. Efficacy of plain radiographs, CT scan, MRI and ultrasonography in temporomandibular joint disorders // National journal of maxillofacial surgery. 2012;3(1):2–13.
15. Желнин Е.В. Клинико-генетические особенности аномалий прорезывания зубов мудрости // Актуальные проблемы транспортной медицины. 2015;2(40):83–7.
16. Музыкин М.И., Иорданишвили А.К., Рыжак Г.А. Периоститы челюстей и их лечение, 2015. 112 с.
17. Шенгелия Е.В., Иорданишвили А.К., Балин Д.В., Музыкин М.И. Результаты хирургического лечения больных с заболеваниями жевательного аппарата при использовании высокоочищенного костного матрикса // Институт Стоматологии. 2014;1(62):68–71.
18. Фомичев И.В., Флейшер Г.М. Лечение больных с нарушением прорезывания нижних третьих моляров // Проблемы стоматологии. 2014;4: 40–44.
19. Гветадзе Р.Ш., Аржанцев А.П., Перфильев С.А. Клинико-рентгенологические аспекты использования имедиатпротезов для подготовки протезного ложа перед дентальной имплантацией // Российский стоматологический журнал. 2013;6: 15–20.
20. Аржанцев А.П. Методики рентгенологического исследования и рентгенодиагностика в стоматологии, 2015. 260 с.
21. Гайворонский И.В., Гайворонская М.Г., Пономарев А.А., Фарафонова Ю.А. Особенности асимметрии нижней челюсти при ретенции зубов мудрости // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». 2016;(4):77–82.
22. Скрипников П.М., Скрипникова Т.П., Скибина А.К. Ретенционные зубы мудрости, возможные клинические проявления, ошибки в диагностике // Новости стоматологии. 2016;4(89):16–22.
23. Donnell C.C., Clark M.V. Mandibular third molars: 'naughty' or NICE? // Brit Dent J. 2020;228(7):506–7
24. Vandeplass C., Vranckx M., Hekner D., Politis C., Jacobs R. Does Retaining Third Molars Result in the Development of Patalogy Over Time? F Systematic Review // J Oral Maxillofac Surg. 2020; 78 (11): 1892–908.
25. Маругина Т.Л., Кан В.В., Федотов В.В. Диагностика, профилактика и лечение болезней прорезывания нижних восьмых зубов // Современные исследования социальных проблем: электрон. науч. журн. 2012; 4(12).
26. Costa M.G., Pazzini C.A., Pantuzo M.C. Is there justification for prophylactic extraction of third molars? A systematic review // Braz. Oral Res. —2013; 27: 183–188
27. Zawawi K.H. The role of mandibular third molars on lower anterior teeth crowding and relapse after orthodontic treatment: a systematic review // Scientific World Journal. 2014; 2014.
28. Toedtling V., Yates J.M. Revolution vs status quo? Non-intervention strategy of asymptomatic third molars causes harm. 2015;219: 11–12.
29. Phillips C. Risk factors associated with prolonged recovery and delayed healing after third molar surgery ips // J. of Oral and Maxillofac. Surg. 2003;61:1436–1448.
30. Kaveri, G.S., Prakash S. Third molars: threat to periodontal health? // J. Maxillofac. Oral Surg. 2011; 11: 220–223.
31. Гордина Е.С., Зинченко А.Ю., Колесов М.А. Взаимосвязь развития третьих моляров нижней челюсти и наклона резцов // Российская стоматология. 2013;3: 28–31.
32. Jasinevicius T.R., Pyle M.A., Kohrs K.J. Prophylactic third molar extractions: US dental school departments' recommendations from 1998/99 to 2004/05 // Quintessence Int. 2008;39:165–176
33. Волков И.Г. Осложнения, связанные с верхними третьими молярами: (патогенез, клиника, лечение), 2010.

© Ховайко Виталий Александрович (vitality_95@bk.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВАКУУМНАЯ ТЕРАПИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОПЕРЕМЕННОГО ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ В ГНОЙНОЙ ХИРУРГИИ

VACUUM THERAPY USING ALTERNATING NEGATIVE PRESSURE IN PURULENT SURGERY

**Ya. Chakhchakhov
D. Morgunov
E. Mikhalenko**

Summary. This article will consider vacuum therapy together with the use of alternating negative pressure in purulent surgery. Purulent wounds belong to intractable problems, which is why it is worth paying attention to them, their treatment is an urgent direction of modern surgery. Vacuum therapy is a method that helps to quickly and safely relieve pain syndromes in various diseases. A method of activating the microcirculation of all fluids in the body, which promotes rapid renewal and rejuvenation of tissues. A porous pad is installed in the previously treated wound in order to conduct vacuum therapy. To close the wound defect, a sealed covering material is needed, which in turn covers the undamaged areas of the skin. Therapy with the use of alternating negative pressure passes into its further stage. The technical solution stated in this article has a positive effect, because it assumes ease of operation, as well as improving the quality of vacuum therapy of wounds using alternating negative pressure. This happens due to the modeling of the optimal shape of the porous lining in accordance with the configuration and localization of the wound cavity with the additional possibility of its irrigation with antiseptic and medicinal solutions.

Keywords: therapy, vacuum, surgery, wound, pressure.

Чახчахов Янис Ахилесович

Аспирант, ФГБОУ ВО «Тюменский ГМУ» Минздрава
России

yanis_chahchahov@mail.ru

Моргунов Дмитрий Владимирович

Заместитель директора, ООО «МедИнвест»,
г. Тюмень

Smix2004@mail.ru

Михаленко Евгений Сергеевич

Заместитель директора, ООО «МедИнвест»,
Тюмень

mihalenkoes@mail.ru

Аннотация. В данной статье будет рассмотрена вакуумная терапия совместно с использованием попеременного отрицательного давления в гнойной хирургии. Гнойные раны относятся к трудноразрешимым проблемам, именно поэтому стоит обратить на них внимание, их лечение является актуальным направлением современной хирургии. Вакуумная терапия — метод, помогающий быстро и безопасно снять болевые синдромы при различных заболеваниях. Метод активации микроциркуляции всех жидкостей в организме, который способствует быстрому обновлению и омоложению тканей. В ране обработанную рану устанавливается пористая накладка для того, чтобы провести вакуумную терапию. Для закрытия раневого дефекта необходим герметичный покрывной материал, который в свою очередь охватывает и неповрежденные участки кожи. В свой дальнейший этап переходит терапия с использованием попеременного отрицательного давления. Заявленное в данной статье техническое решение имеет положительный эффект, потому что предполагается удобство работы, а также повышение качества проводимой вакуум-терапии ран с использованием попеременного отрицательного давления. Происходит это благодаря моделированию оптимальной формы пористой накладки в соответствии с конфигурацией и локализацией раневой полости с дополнительной возможностью ее ирригации антисептическими и лекарственными растворами.

Ключевые слова: терапия, вакуум, хирургия, рана, давление.

Актуальность

Лечение больных с гнойными ранами все еще остается одной из самых актуальных и трудно-разрешимых проблем современной хирургии [1, 2]. Инновационные предложения и обширное применение разного рода профилактических и лечебных методов не дали эффективных результатов [3, 4]. При этом в современных условиях после плановых операций нагноение послеоперационных ран встречается в 2–5% случаев [5–7]. В комплексе лечения гнойных ран

ведущее место отводится хирургической обработке с ранним закрытием. Однако в случаях, когда по разным причинам не удается должным образом хирургически обработать рану, возникает необходимость местного ее лечения как самостоятельного метода или с целью «подготовки» раны к закрытию вторичными швами или пластикой [8, 9].

Неизменно высокая частота гнойно-воспалительных процессов мягких тканей в структуре хирургической патологии указывает на нерешенность данной

проблемы [1, 2]. Причин тому несколько: поздняя обращаемость пациентов с повреждениями кожных покровов (как правило, люди обращаются за помощью с запущенными гнойными ранами), бесконтрольное применение антибактериальных препаратов, способность микроорганизмов — возбудителей раневой инфекции — приспосабливаться к имеющимся лекарственным средствам (антибиотикорезистентность) [3, 4, 5]. В распоряжении врача имеется большое разнообразие лекарственных средств и методик физиотерапевтического воздействия, не обойтись и без средств местного воздействия на рану, особенно в амбулаторной практике [6, 7]. Современные препараты для местного воздействия на рану, в числе прочего, должны обладать хорошей сорбционной активностью, легко наноситься и не травмировать раневую поверхность [10, 11].

Одним из наиболее актуальных направлений развития современной хирургии на протяжении последних десятилетий является лечение гнойных ран. Проблема раневой инфекции не может быть решена исключительно за счет применения новых лекарственных средств, так как основная роль принадлежит иммунным защитным способностям самого организма, его реактивности, а так же созданию оптимальных условий для жизнедеятельности тканей [1, 2, 6, 10]. Важнейшим элементом местного лечения гнойных ран в послеоперационном периоде является дренирование, целью которого является удаление с поверхности гнойной раны микроорганизмов и их токсинов, раневого отделяемого и продуктов тканевого распада [5, 9, 11]. Применение диффузно-разделительных мембранных процессов в лечении гнойно-воспалительных заболеваний кожи и мягких тканей позволяет осуществлять коррекцию метаболического дисбаланса в пораженных тканях, удалять низко и среднемолекулярные токсические соединения и в то же время сохранять факторы регенерации и защиты организма от инфекции на раневой поверхности [3, 4, 7].

Пациенты с гнойной хирургической инфекцией в общехирургической практике составляют 35,0–45,0%, а на долю заболеваний кожи и мягких тканей приходится 30,0–35,0%. Возникшие после операции инфекционные осложнения требуют значительных физических и материальных ресурсов. Несмотря на разнообразие имеющихся способов, методик и приемов, лечение гнойных ран по-прежнему остается не до конца решенной и актуальной проблемой. При развитии послеоперационных осложнений со стороны раны на практике чаще всего применяют два основных метода лечения: активное дренирование и различные препараты местного действия [1–3]. Оба метода сопровождаются системной консервативной поддержкой пациентов,

в частности антибактериальной. Однако возрастающая с каждым годом резистентность микроорганизмов к доступным антибактериальным препаратам, также свидетельствует о нерешенности проблемы лечения гнойной инфекции в хирургии [4]. Исходя из этого, совершенствование устаревших и создание новых методов лечения гнойноинфекционных заболеваний мягких тканей и их осложнений остается одним из актуальных вопросов в современной практической медицине [5–7]. В настоящее время в хирургии большинство специалистов отдают предпочтение активным методам дренирования ран. Имеется множество устройств для осуществления аспирационного и проточно-аспирационного дренирования. Огромным преимуществом данных устройств является их эффективность при наличии полостей и сложной конфигурации ран, содержащих гной и тканевой детрит. По мнению многих авторов, применение проточно-аспирационного дренирования позволяет значительно ускорить процессы очищения ран от гнойного экссудата, существенно уменьшая микробную обсемененность раневой полости, при этом стимулируя процессы репарации и регенерации [8–10].

Цель исследования

Предложить устройство для активного дренирования гнойно-некротических полостей.

Материалы и методы исследования. Нами разработано устройство предназначена для повышения качества проводимой вакуум-терапии с использованием попеременного отрицательного давления в ранах с различным объемом и характером экссудата, благодаря оптимальному моделированию формы повязки по конфигурации раневой полости с дополнительной возможностью ее ирригации антисептическими и лекарственными растворами.

Результаты и обсуждение

Как известно, раневые дефекты на теле человека могут быть различны по локализации, форме, протяженности, объему и характеру отделяемого. В связи с данными обстоятельствами достаточно часто встречаются затруднения и малая терапевтическая эффективность при подборе оптимальной повязки на этапе вакуумтерапии, поскольку ее стандартные размеры не всегда подходят по конфигурации раневого дефекта, что, в свою очередь, способно привести к несоответствию объема пористой поверхности и полости раны, особенно в сложных локализациях, таких как области складок (паховая область, подмышечная, межъягодичная и т.д.), и, как следствие — негативно сказаться на всем результате лечения раневого процесса отрицательным давлением, т.к. несоответствие

величины и формы адсорбционного слоя повязки способно привести как к недостаточному заполнению всего объема раны с формированием замкнутых недренируемых полостей и созданию незащищенных зон разряжения, зачастую являющихся причиной возникновения кровотечений, так и к ишемии мягких тканей (за счет сдавления).

Отсутствие же в большинстве подобных повязок возможности ирригации полости раневого дефекта антисептическими и лекарственными растворами может привести к прогрессированию воспалительных процессов и развитию гнойных осложнений, особенно при их длительной экспозиции и при отсутствии контроля характера раневого отделяемого.

Сегодня, для проведения вакуум-терапии используют различного рода изделия медицинского назначения, выпускаемые медицинской промышленностью.

Так, известна установка для вакуумной терапии «VAC-therapy» фирмы «KCI» (Дания). Данная установка состоит из мелкоячеистой пористой накладки, дренажной системы для раневого отделяемого, изолирующей стерильной клеящей пленки «DIRAPLAST» и индивидуального источника вакуума, рассчитанного на определенное количество часов работы.

Известно устройство для вакуумного дренирования ран с использованием попеременного отрицательного давления, состоящее из покрывного материала, закрывающего пористую накладку, контейнера для сбора раневого отделяемого и источника вакуума (за счет мембранного микронасоса), причем все указанные элементы соединены вакуум-проводом посредством порта, а накладка имеет в своей нижней части гофрированную поверхность, позволяющую накладке менять свою конфигурацию под конкретный раневой дефект [RU № 174957 U1, МПК А61М (2006.01), опубл. 2017].

Общий недостаток указанных устройств заключается в невозможности промывания пористой наклейки и ирригации раневой полости лекарственными и антисептическими растворами, что приводит к пропитыванию губчатого вещества раневым отделяемым, являющимся питательной средой для активного размножения микроорганизмов и, как следствие, развития гнойных осложнений. Кроме того, как известно, при активном заживлении вторичным натяжением гнойных ран идет активное формирование грануляционной ткани в раневой полости, и, при достаточно длительном нахождении губчатого вещества в ране на активной аспирации в рамках лечения методом вакуумтерапии, происходит прорастание активных раневых грануляций в материал повязки, что вызывает ряд трудностей при их удалении,

а именно: оставление фрагментов повязочных материалов в тканях раны и необходимость удаления инородных тел, а также диффузные кровотечения вследствие травмы (отрыв, механические повреждения при извлечении) грануляционной ткани.

В известном устройстве [WO 2012/138514 A1, опубл. 11.10.12] накладка имеет поверхность, представленную «elongated fingers», выполненными из пористого материала. Недостатком данного исполнения наклейки (помимо отсутствия возможности ирригации раневой полости) является то, что при установке в рану данные «столбики» сжимаются неравномерно, поскольку имеют одинаковую ширину по всей длине, а это, в свою очередь, способно образовать свободное пространство, что может привести к формированию замкнутых недренируемых полостей и развитию прочих осложнений. При создании разряжения именно ткани раны, расположенные в этом пространстве, не защищены ничем и поэтому травмируются вакуумом, что является причиной возникновения кровотечений.

Известно также устройство для вакуумной терапии ран, имеющее раневую повязку, соединенный с ней источник вакуума, контроллер, который управляет вакуумом, а также содержащее элемент для подачи ирригационной жидкости в раневую полость [US2006/0129137 A1, опубл. 15.06.06].

Недостатком указанного устройства является отсутствие ирригационных каналов внутри губчатого вещества раневой повязки, что затрудняет, а при длительной экспозиции пористой наклейки в ране делает невозможным, адекватное промывание и доставку лекарственных средств в раневую полость, поскольку поры повязки, помимо механической деформации, обтурируются раневым отделяемым и свободно поступающий раствор не способен равномерно распределиться по всему объему раневого дефекта, оставаясь в пределах материала повязки и не контактируя с биологическими тканями и средами раны.

Известно устройство для вакуумного дренирования ран, выполненное с возможностью расположения в ране и герметичного закрытия покрывным материалом, состоящее из пористой губки с введенным в ее толщу с помощью троакара на всю ее длину вакуум-провода, который имеет боковые отверстия диаметром 0,3–0,5 см, расположенные только во введенной в губку части вакуум-провода, губка укрыта пленкой из синтетического материала, которая перфорирована инъекционной иглой 21 G на всем протяжении, от 6 до 9 отверстиями на 1 см², вакуум-провод, проходящий через покрывной материал, выполнен с возможностью соединения с контейнером для сбора раневого отделя-

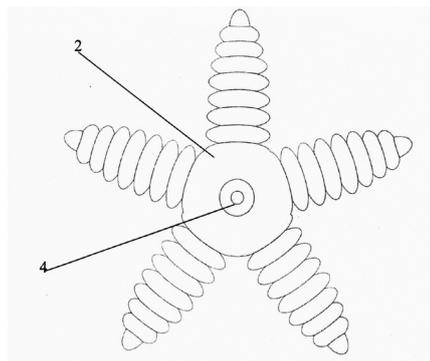


Рис. 1. Общий вид наклейки 2 на примере формы в виде пяти угольника с гофрированной поверхностью

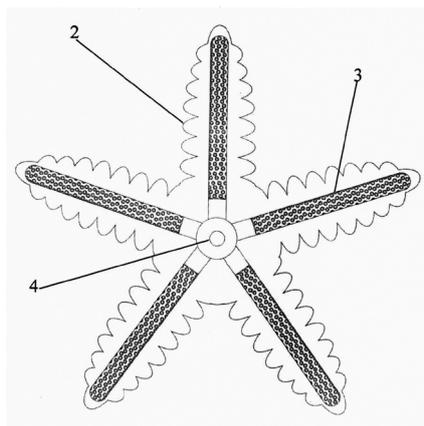


Рис. 2. Продольный срез пористой наклейки 2 до уровня перфорированных ирригационных каналов 3

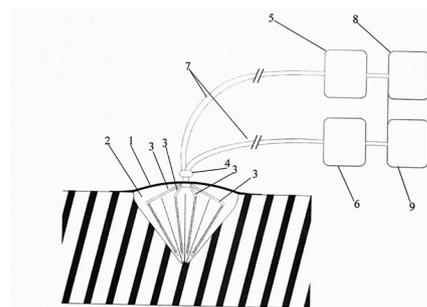


Рис. 3. Показано расположение пористой наклейки 2 в ране и ее соединение с основными частями устройства

емого и источником вакуума [RU183866 U1, МПК А61М 1/00 (2006.01), опубл. 05.10.2018].

Недостатком известного устройства (помимо отсутствия возможности ирригации раневой полости) является то, что введенный в толщу губки единственный вакуумпровод не имеет ответвлений и не способен обеспечить моделирование оптимальной формы губчатого вещества повязки в зависимости от конфигурации и локализации раневой полости.

Технической проблемой является разработка легкого в использовании и удобного в обращении устройства, повышающего качество проводимой вакуум-терапии ран с использованием попеременного отрицательного давления, благодаря моделированию оптимальной формы губчатого вещества повязки в зависимости от конфигурации и локализации раневой полости с дополнительной возможностью ее ирригации антисептическими и лекарственными растворами.

При использовании технического решения указанный технический результат достигается тем, что устройство состоит из воздухонепроницаемого покрывного материала, закрывающего вместе с неповрежденными участками кожи наклейку, имеющую форму в виде многоугольника с гофрированной поверхностью, в которую погружены множественные перфорированные поливинилхлоридные (ПВХ) ирригационные каналы, отходящие от коннектора, соединенного с контейнером для сбора раневого отделяемого и емкостью для лекарственных растворов посредством V-образной не спадающейся полой трубки 7.

Устройство состоит из воздухонепроницаемого покрывного материала 1, закрывающего вместе с неповрежденными участками кожи наклейку 2 из пеноматериала с открытыми порами, в которую погружены перфорированные поливинилхлоридные (ПВХ) ирригационные каналы 3, отходящие от коннектора 4, соединенного с контейнером 5 для сбора раневого отделяемого и емкостью 6 для лекарственных растворов, посредством V-образной, не спадающейся полой трубки 7, выполненной, например, из ПВХ.

Пористая наклейка 2 имеет форму в виде многоугольника с гофрированной поверхностью, что позволяет ей менять свою конфигурацию под конкретный раневой дефект. Многоугольная форма обеспечивает возможность погружения в нее множественных ирригационных каналов 3, что позволит повысить промывание раны.

Контейнер 5 и емкость 6, в свою очередь, соединены с источником вакуума 8, создающего попеременное отрицательное давление за счет мембранного микроасоса, и компрессором 9, нагнетающим лекарственные растворы в раневую полость, соответственно.

Полезная модель используется следующим образом. Для проведения вакуум-терапии в предварительно обработанную рану устанавливается пористая наклейка 2 таким образом, что, сжимаясь при погружении, она изменяет свою первоначальную форму и оптимально подстраивается под объем конкретной раневой полости. Затем раневой дефект закрывается герметичным покрывным материалом 1, охватывающим и неповрежденные участки кожи, и наклейка 2 посредством кон-

нектора 4 и V-образной не спадающей полой трубки 7 соединяется с контейнером 5 для сбора раневого отделяемого и емкостью 6 для лекарственных растворов, которые в свою очередь, соединены с источником вакуума 8 и компрессором 9 соответственно. После чего терапия переходит в свой дальнейший этап использованием попеременного отрицательного давления.

Периодически при длительном лечении отрицательным давлением внутренняя поверхность раны промывается благодаря поступлению нагнетаемого компрессором 9 лекарственного раствора из емкости 6 через коннектор 4 по ирригационным перфорированным каналам 3, чем достигается предупреждение развития гнойно-септических осложнений, а также кровотечений,

за счет протекции стенок раневой полости (посредством гидравлической преработки поступающей жидкостью) при извлечении использованной пористой накладки 2.

Заключение

Положительный эффект заявленного технического решения состоит не только в удобстве в работе, но и в повышении качества проводимой вакуум-терапии ран с использованием попеременного отрицательного давления, за счет моделирования оптимальной формы пористой накладки в зависимости от конфигурации и локализации раневой полости с дополнительной возможностью ее ирригации антисептическими и лекарственными растворами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев А.А., Бобровников А.Э., Богданов С.Б. Хирургическое лечение пострадавших от ожогов: клинические рекомендации / Общероссийская общественная организация «Объединение комбустиологов "Мир без ожогов"». М., 2015. С. 5–6.
2. Шаповалов С.Г., Белых А.Н. Оперативное лечение пострадавших от ожоговой травмы в чрезвычайных ситуациях. Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. 2011. № 1 (6). С. 67–76.
3. Богданов С.Б., Афаунова О.Н. Использование раневых покрытий при раннем хирургическом лечении пограничных ожогов конечностей в функционально активных областях. Врач-аспирант. 2016. Т. 79, № 6. С. 4–9.
4. Оболенский В.Н., Никитин В.Г., Семенистый А.Ю., Сычев Д.В., Тихонова Д.В., Ермолов А.А. Использование принципа локального отрицательного давления в лечении ран и раневой инфекции. Новые технологии и стандартизация в лечении осложненных ран: сборник докладов, статей и презентаций. М., 2012. С. 58–65.
5. Горюнов С.В., Жидкий С.Ю., Чапарьян Б.А. Руководство по лечению ран методом управляемого отрицательного давления. Изд. 2-е, доп. М.: Апрель, 2017. 267 с.
6. Peura M, Kaartinen I, Suomela S, Hukkanen M, et al. Improved skin wound epithelialization by topical delivery of soluble factors from fibroblast aggregates. *Burns*. 2012;38(4):541–50. DOI: 10.1016/j.burns.2011.10.016
7. Военно-полевая хирургия локальных войн и вооруженных конфликтов: Руководство для врачей. / Под ред. Е.К. Гуманенко, И.М. Самохвалова. — М.: ГЭО-ТАР-Медика, 2011. — 672 с.
8. Belmont P.J. Jr, McCrskin B.J., Hsiao M.S. et al. The nature and incidence of musculoskeletal combat wounds in Iraq and Afghanistan (2005–2009). // *J. Orthop. Trauma*. — 2013. — May;27(5) PubMed [citation] PMID: 23187153.
9. Jeffery S/L. The Management of Combat Wounds: The British Military Experience // *Adv Wound Care (New Rochelle)*. — 2016. — Oct 1;5(10). — P. 464–473. Review. PMID:27785380.
10. Maurya S., Bhandari P.S. Negative Pressure Wound Therapy in the Management of Combat Wounds: A Critical Review. // *Adv Wound Care (New Rochelle)*. — 2016. — Sep 1;5(9). — P. 379–389. Review. PMID: 27679749
11. Ефимов Е.В., Хорошкевич А.В. Особенности раневого процесса на фоне сахарного диабета // *Раны и раневая инфекция. Журнал им. проф. Б.М. Костюченка*. 2015. № 2. С. 30–35.
12. Кривошеков Е.П., Ельшин Е.Б. Роль вакуум-терапии в комплексном лечении осложненных форм диабетической стопы // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2014. № 3. С. 51–53.
13. Григорьян, А.Ю. Морфологическое обоснование применения некоторых антисептиков в лечении ран. / А.Ю. Григорьян, А.И. Бежин, Т.А. Панкрушева, Е.В. Кобзарева, Л.В. Жилаева, Е.С. Мишина // *Медицинский вестник северного кавказа*. — 2015. — Т. 10, № 3. — С. 292–295. DOI — <http://dx.doi.org/10.14300/mnnc.2015.10068>
14. Суковатых, Б.С. Эффективность иммобилизированной формы хлоргексидина в лечении гнойных ран. / Б.С. Суковатых, А.Ю. Григорьян, А.И. Бежин, Т.А. Панкрушева, С.А. Абрамова // *Новости хирургии*. — 2015. — Т. 23, № 2. — С. 138–144. doi: <http://dx.doi.org/10.18484/2305-0047.2015.2.138>
15. Kallstrom, G. Are Quantitative Bacterial Wound Cultures Useful? / G. Kallstrom // *J. Clin. Microbiol.* — 2014. — Vol. 52. — P. 2753–2756. doi: 10.1128/JCM.00522-14
16. Tanaka, K. Lipid-Colloid Dressing Shows Improved Reepithelialization, Pain Relief, and Corneal Barrier Function in Split-Thickness Skin-Graft Donor Wound Healing. / K. Tanaka // *International Journal of Lower Extremity Wounds*. — 2014. — Vol. 13. — P. 220–225. doi: 10.1177/1534734614541544
17. Богданов С.Б. Новые варианты применения вакуумной терапии в комбустиологии / Богданов С.Б., Марченко Д.Н., Поляков А.В., Каракулев А.В., Богданова Ю.А. // *Инновационная медицина Кубани*. 2020. № 1 (17). С. 36–40.

18. Богданов С.Б. Совершенствование лечения больных с травматическими повреждениями мягких тканей головы / Богданов С.Б., Каракулев А.В., Поляков А.В., Марченко Д.Н., Аладьина В.А. / Политравма. 2020. № 2. С. 66–70.
19. Захаревич В.М. Комплексный хирургический подход к лечению глубокой раневой инфекции грудины у пациента после трансплантации сердца / Захаревич В.М., Митиш В.А., Халиллулин Т.А., Закирьянов А.Р., Иванов Д.С., Гольц А.М., Сухачев А.А., Кирьяков К.С., Поздняков О.А., Захаревич Н.Ю. // Вестник трансплантологии и искусственных органов. 2021. Т. 23. № 2. С. 67–75.
20. Черкасов М.Ф. Влияние вакуум-терапии на заживление ран крестцово-копчиковой области / Черкасов М.Ф., Галашокин К.М., Старцев Ю.М., Черкасов Д.М., Помазков А.А., Меликова С.Г. // Новости хирургии. 2019. Т. 27. № 2. С. 153–160.
21. Пономарев В.Н. Сравнительная оценка хирургического и медикаментозного лечения гнойных ран по данным парциального давления кислорода в тканях / Пономарев В.Н., Бенсман В.М. // В сборнике: Современные проблемы медицины и естественных наук. Сборник статей Международной научной конференции. 2019. С. 38–39.
22. Григорьян А.Ю. Применение многокомпонентного раневого покрытия в лечении гнойных ран: рандомизированное контролируемое экспериментальное исследование / Григорьян А.Ю., Бежин А.И., Панкрушева Т.А., Чекмарева М.С., Жилиева Л.В., Мишина Е.С. // Кубанский научный медицинский вестник. 2021. Т. 28. № 2. С. 16–32.
23. Григорьян А.Ю. Новые способы местного медикаментозного лечения гнойных ран / Григорьян А.Ю., Бежин А.И., Панкрушева Т.А., Жилиева Л.В. // Исследования и практика в медицине. 2020. Т. 7. № 2. С. 56–63.
24. Емельянова А.М. Современные методы лечения гнойных и ожоговых ран / Емельянова А.М., Стяжкина С.Н., Федоров В.Г., Субботин А.В. // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: реабилитация, врач и здоровье. 2020. № 1 (43). С. 27–34.
25. Лунегов А.М. Лечение застарелых гнойных ран / Лунегов А.М., Барышев В.А. // В сборнике: Теория и практика ветеринарной фармации, экологии и токсикологии в АПК. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры фармакологии и токсикологии СПбГУВМ. Санкт-Петербург, 2021. С. 147–148.

© Чахчахов Янис Ахилесович (yanis_chahchahov@mail.ru),

Моргунов Дмитрий Владимирович (Smix2004@mail.ru), Михаленко Евгений Сергеевич (mihalenkoes@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Тюмень

ВЛИЯНИЕ МЕСТНОЙ АНЕСТЕЗИИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ФЛЕГМОН КЛЕТЧАТОЧНЫХ ПРОСТРАНСТВ ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ, ПЕРВИЧНО СВЯЗАННЫХ С НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТЬЮ

THE EFFECT OF LOCAL ANESTHESIA ON THE RESULTS OF SURGICAL TREATMENT OF PHLEGMON OF CELLULAR SPACES OF THE MAXILLOFACIAL REGION, PRIMARILY ASSOCIATED WITH THE LOWER JAW

**A. Shchenin
V. Pashchenko
R. Maslichova
V. Borisov**

Summary. The article examines aspects of anesthesiological aids in patients with purulent-inflammatory diseases of the maxillofacial region and neck. The use of local anesthesia in the surgical treatment of phlegmon of the cellular spaces of the maxillofacial region, primarily associated with the lower jaw, allowed statistically significantly reduce the duration of hospital stay, the incidence of nosocomial pneumonia and to avoid development, which is due to the absence of the need for patients to stay in the intensive care unit in the postoperative period after opening and drainage of the focus of inflammation.

Keywords: phlegmon, maxillofacial area, odontogenic infection, anesthetic manual.

Щенин Андрей Валентинович

Ассистент, ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
schenin-92@mail.ru

Пащенко Валентина Евгеньевна

Ассистент, ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Маслихова Римма Ивановна

Врач-челюстно-лицевой хирург, Курская областная многофункциональная клиническая больница
maslikhova@bk.ru

Борисов Виктор Вениаминович

Врач-челюстно-лицевой хирург, Курская областная многофункциональная клиническая больница
vbdoc@list.ru

Аннотация. В статье исследуются аспекты анестезиологического пособия у пациентов с гнойно-воспалительными заболеваниями челюстно-лицевой области и шеи. Применение местной анестезии при хирургическом лечении флегмон клетчаточных пространств челюстно-лицевой области, первично связанных с нижней челюстью, позволило статистически достоверно уменьшить длительность пребывания больных в стационаре, частоту развития внутрибольничной пневмонии и избежать развития, что связано с отсутствием необходимости пребывания больных в отделении реанимации и интенсивной терапии в послеоперационном периоде после вскрытия и дренирования очага воспаления.

Ключевые слова: флегмона, челюстно-лицевая область, одонтогенная инфекция, анестезиологическое пособие, хирургическое лечение.

Актуальность

В настоящее время основными критериями по выбору способа анестезии при проведении операций вскрытия и дренирования флегмон челюстно-лицевой области (ЧЛО) являются предпочтения хирурга и психо-эмоциональное восприятие предсто-

ящего вмешательства самим пациентом [1; 2]. С одной стороны, местная анестезия требует меньше времени на подготовку пациента, проще в исполнении, имеет минимум противопоказаний по сравнению с общей анестезией и адекватна объему большинства вмешательств, проводимых в ЧЛО [3]. В то же время общая анестезия является наиболее психологически комфортной

Таблица 1. Структура гнойных процессов

Вовлеченные клетчаточные пространства и топографо-анатомические области	Подгруппы пациентов	
	Контрольная (n=34)	Основная (n=30)
Поднижнечелюстное	22 (65%)	20 (67%)
Подъязычное	16 (47%)	13 (43%)
Подподбородочное	12 (35%)	10 (33%)
Щечная область	5 (15%)	6 (20%)

для больного, однозначно показана при флегмонах глубоких клетчаточных пространств шеи и распространении воспалительного процесса в средостение [4]. Эндо-трахеальная общая ингаляционная анестезия требует больше времени на подготовку пациента при сравнимом по объему оперативном вмешательстве, которое могло бы быть произведено под местной анестезией, а пребывание пациентов после операции в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) повышает риск возникновения тромбозов глубоких вен нижних конечностей, внутрибольничной пневмонии [5]. 91% осложнений при общей анестезии обусловлено нарушением проходимости дыхательных путей и невозможностью обеспечения адекватного газообмена [6]. В общей структуре клетчаточных пространств, которые затрагиваются флегмонами при поступлении больного в отделение челюстно-лицевой хирургии, преобладают поднижнечелюстное, подподбородочное, подъязычное пространства и щечная область [7; 8; 9], которые являются первично вовлекаемыми во флегмону с одонтогенным источником инфекции, локализованном в нижней челюсти, и определяют дальнейший путь распространения флегмоны [10]. При этом одновременное вовлечение в воспалительный процесс подъязычного и поднижнечелюстного пространств носит название флегмоны дна полости рта, характеризующейся большим риском развития осложнений [1; 4; 9]. Следовательно, можно сделать вывод о том, что в настоящее время отсутствует единые рекомендации по способу анестезии, который следует применять при вскрытии и дренировании одонтогенных флегмон клетчаточных пространств, первично связанных с нижней челюстью с точки зрения развития возможных осложнений общего характера.

Цель исследования

Показать преимущества местной анестезии при хирургическом лечении одонтогенных флегмон клетчаточных пространств ЧЛО, первично связанных с нижней челюстью.

Материалы и методы исследования

Проспективное, простое слепое, контролируемое, рандомизированное клиническое исследование было проведено на базе кафедры хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Курский государственный медицинский университет Минздрава России в отделении челюстно-лицевой хирургии Бюджетного медицинского учреждения Курская областная клиническая больница с августа 2018 г. по ноябрь 2021 г. Контрольная группа была сформирована из 34 человек, основная из 30 человек. В контрольную группу вошло 19 (56%) мужчин и 15 (44%) женщин, средний возраст испытуемых составил $51,6 \pm 8,6$ лет, в основную — 16 (53%) мужчин и 14 (47%) женщин, средний возраст составил $50,8 \pm 8,3$ лет. Группы были сопоставимы между собой по поло-возрастному составу и структуре фоновой патологии ($p > 0,05$). Наиболее часто выявлялись заболевания сердечно-сосудистой, дыхательной, пищеварительной и эндокринной систем внутренних органов. Перед оперативным вмешательством и включением в исследование все пациенты подписывали добровольное информированное согласие на медицинское вмешательство. Простая неограниченная рандомизация пациентов осуществлялась при помощи списка слу-

чайных чисел. В исследование включались пациенты с одонтогенными флегмонами, поражавшими на момент госпитализации клетчаточные пространства, первично связанные с нижней челюстью. Критериями исключения из исследования являлись беременность, наличие злокачественного новообразования и аллергической реакции на местные анестетики, для основной группы, в анамнезе жизни, флегмоны с другими источниками инфекции, кроме одонтогенного, внебольничная пневмония и сепсис на момент госпитализации, диагностированный в соответствии с положениями Сепсис-3 [11]. Хирургическое лечение больных контрольной группы производилось в условиях эндотрахеальной общей анестезии. В основной группе вскрытие и дренирование флегмон ЧЛО производилось под местной инфильтрационной анестезией методом тугого ползучего инфильтрата раствором новокаина 0,5% с адреналином в разведении 1:400000 (из расчета максимальной разовой дозы препарата 0,75 г) на фоне премедикации раствором диазепама 0,5% — 1 мл, вводимого внутримышечно. Вскрытие флегмон осуществлялось стандартным поднижнечелюстным доступом, при необходимости дополнявшимся трансоральными разрезами, удалялся зуб — источник воспалительного процесса. В послеоперационном периоде производились ежедневные запрограммированные перевязки, при элиминации из послеоперационной раны гнойного отделяемого, очагов некроза и появлении грануляционной ткани на послеоперационные раны накладывались вторичные швы. Пациенты обеих групп в послеоперационном периоде получали парентеральную антибактериальную терапию препаратами широкого спектра действия — амоксициллином в комбинации с клавулановой кислотой и метронидазолом. При аллергических реакциях на бета-лактамы назначался ципрофлоксацин. Оценивались: длительность койко-дня, структура флегмон первичных клетчаточных пространств, частота развития нозокомиальной пневмонии и тромбозов глубоких вен нижних конечностей. Статистическая достоверность различий полученных значений оценивалась в лицензионной версии программы STATISTICA 10 при помощи точного Р-критерия Фишера для качественных показателей и Т-критерия Стьюдента для независимых переменных — для количественных показателей. Результаты представлялись в виде среднего (М) ± стандартное отклонение (SD) для

количественных, и в виде абсолютного количества (n) и его% для качественных признаков. Достоверными считались различия при вероятности $p < 0,05$.

Результаты исследования и обсуждение

Пораженные флегмонами при госпитализации пространства представлены в таблице 1.

Обследование пациента при госпитализации наиболее часто выявляло флегмоны поднижнечелюстного клетчаточного пространства. Реже госпитализировались больные с флегмонами подъязычного и подподбородочного пространств. Реже всего встречались флегмоны щечной области. Начальная распространенность флегмон достоверно не различалась ($p > 0,05$) в контрольной и основной группах и составляла $2,7 \pm 0,8$ и $2,4 \pm 0,7$ пространства, соответственно. В основной группе статистически достоверно ($p < 0,05$) уменьшилась длительность койко-дня с $16,7 \pm 2,9$ до $9,4 \pm 3,1$ суток, частота развития внутрибольничной пневмонии с 10 (29%) до 1 (3%) и тромбозов глубоких вен нижних конечностей с 6 (18%) до 0 (0%) по сравнению с основной группой, в которой применялась общая анестезия и пациенты после вскрытия и дренирования флегмоны ЧЛО находились в ОРИТ в раннем послеоперационном периоде. Случаев смертей пациентов и необходимости перевода в ОРИТ после вскрытия и дренирования флегмон под местной анестезией не было, что согласуется с результатами, полученными другими авторами [3; 5].

Заключение

Применение местной анестезии при хирургическом лечении флегмон клетчаточных пространств ЧЛО, первично связанных с нижней челюстью, позволило статистически достоверно уменьшить длительность пребывания больных в стационаре, частоту развития внутрибольничной пневмонии и избежать развития, что было связано с отсутствием необходимости пребывания больных в ОРИТ в послеоперационном периоде после вскрытия и дренирования очага воспаления. В основной группе не наблюдалось тромбозов глубоких вен нижних конечностей в связи с ранней активизацией больных в послеоперационном периоде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соловьев, М.М. Гнойно-воспалительные заболевания головы и шеи: Этиология, патогенез, клиника, лечение / М.М. Соловьев, О.П. Большаков, Д.В. Галецкий. — 3-е изд. — М.: Умный доктор, 2016. — 192 с. — ISBN 978-5-9906806-3-0.
2. Флейшер, Г.М. Лечение одонтогенных флегмон челюстно-лицевой области / Г.М. Флейшер // Academy. — 2017. — № 5 (20). — С. 105–108.
3. Regional anesthesia for maxillofacial surgery in developing countries / S.M. Kim, M.H. Seo, H. Myoung, J.H. Lee // J Dent Anesth Pain Med. — 2016. — Vol. 16, № 4. — P. 245–252. — DOI 10.17245/jdapm.2016.16.4.245.

4. Глинник, А.В. Комплексное лечение больных с абсцессами и флегмонами челюстно-лицевой области и шеи: учеб.-метод. пособие / А.В. Глинник, Л.И. Тесевич, Н.Н. Черченко. Минск: БГМУ, 2012. 75 с. — ISBN 978–985–528–709–5.
5. The safety and effectiveness of superficial cervical plexus block in oral and maxillofacial surgery as an alternative to general anesthesia in selective cases: A clinical study / T.A. Hakim, A.A. Shah, Z. Teli et al. // J Maxillofac Oral Surg. — 2019. — Vol. 18, № 1. — P. 23–29. — DOI 10.1007/s12663–017–1029–4.
6. Полушин, Ю.С. Анестезиологическое обеспечение операций при флегмонах челюстно-лицевой области / Ю.С. Полушин, И.В. Голубь // Вестник анестезиологии и реаниматологии. — 2010. — Т. 7, № 2. — С. 3–12.
7. Лебедев, М.В. Эффективность применения силиконового геля «Дерматикс» в терапии рубцов, возникших в результате оперативного лечения флегмон челюстно-лицевой области / М.В. Лебедев, К.И. Керимова, И.Ю. Захарова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. — 2019. — № 3(51). — С. 29–38. — DOI 10.21685/2072–3032–2019–3–3.
8. Jansisyanont, P. Factors related to the treatment outcome of maxillofacial fascia space infection / P. Jansisyanont, W. Kasemsai, P. Bamroong // Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, Medicine, and Pathology. — 2015. — Vol. 27, № 7. — P. 458–464. — DOI 10.1016/j.ajoms.2014.04.009.
9. Keswani, E.S. Odontogenic maxillofacial space infections: A 5-year retrospective review in Navi Mumbai / E.S. Keswani, G. Venkateshwar // J Maxillofac Oral Surg. 2019. — Vol. 18, № 3. — P. 345–353. — DOI 10.1007/s12663–018–1152–x.
10. Head and neck fascia and compartments: No space for spaces / A.K. Guidera, P.J.D. Dawes, A. Fong, M.D. Stringer // Head Neck. — 2014. — Vol. 36, № 7. — P. 1058–1068. — DOI 10.1002/hed.23442.
11. The third international consensus definitions for sepsis and septic shock (Sepsis-3) / M. Singer, C.S. Deutschman, C.W. Seymour et al. // JAMA. — 2016. — Vol. 315, № 8. — P. 801–810. — DOI 10.1001/jama.2016.0287.

© Щенин Андрей Валентинович (schenin-92@mail.ru), Пашенко Валентина Евгеньевна,
Маслихова Римма Ивановна (maslikhova@bk.ru), Борисов Виктор Вениаминович (vbdoc@list.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Курский государственный медицинский университет

ВЛИЯНИЕ ТИОКТОВОЙ КИСЛОТЫ НА РИСК КАРДИОВАСКУЛЯРНЫХ СОБЫТИЙ У ПАЦИЕНТОВ С ВПЕРВЫЕ ВЫЯВЛЕННЫМ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2 ТИПА ПОСЛЕ ПЕРЕНЕСЕННОГО ИНФАРКТА МИОКАРДА

Яновский Константин Геннадьевич

Аспирант, ГБОУ ВО «Кубанский государственный
медицинский университет» Министерства
здравоохранения Российской Федерации
yanovsky.endokrd@yandex.ru

THE EFFECT OF THIOCTIC ACID ON THE RISK OF CARDIOVASCULAR EVENTS IN PATIENTS WITH NEWLY DIAGNOSED TYPE 2 DIABETES MELLITUS AFTER MYOCARDIAL INFARCTION

K. Yanovsky

Summary. Diabetes mellitus is one of the most common chronic diseases in the world, has a significant negative impact on the course of cardiovascular pathology and myocardial infarction, in particular. Thioctic acid, due to its effects, can have a positive effect on the risks of developing undesirable cardiovascular events (CVS) in patients with newly diagnosed type 2 diabetes mellitus after a myocardial infarction. Aim. The aim of the work is to study the effect of thioctic acid on the risk of developing undesirable CFS in patients with newly diagnosed diabetes mellitus in combination with diabetic polyneuropathy who have suffered a myocardial infarction. Materials and methods. The object of the study was 60 people with newly diagnosed diabetes mellitus, with an established diagnosis of myocardial infarction. Patients underwent a set of standard hospital studies according to the protocols for the management of these diseases. Evaluation of undesirable CV was carried out using electrocardiography and echocardiography. On the 3rd day from hospitalization, groups of patients were identified who were additionally prescribed thioctic acid at a dosage of 600 mg / day orally for three months. After 3 and 12 months from the beginning of the study, repeated control studies were conducted. The data obtained were processed using IBM® SPSS Statistics. The differences were recognized as statistically significant at $p < 0.05$. Results. By the time of the intermediate control, a statistically significant decrease in the level of glycosylated hemoglobin was obtained to 7.2% [95% CI 6.58–7.7, $p = 0.001$], which is 0.25% lower than the values of the control group ($p = 0.001$), the level of triglycerides to 1.61 mmol/l [95% CI 0.99–2.23, $p = 0.0001$], which is 1.21 mmol/l lower than the control group ($p = 0.003$), the HDL index at the final stage was 0.2 mmol/l ($p = 0.001$). There was a decrease in the level of background troponin T to the level of 1.45 ng/l ($p = 0.004$), which is 4.6 ng/l lower than the control group ($p = 0.003$). The control group demonstrated a statistically significant increase in the prevalence of non-lethal arrhythmias by 20% ($p = 0.013$), whereas in the experimental group it was absent. Conclusions. Thioctic acid showed a significant effect on low-density lipoproteins, glycosylated hemoglobin and triglycerides. Thioctic acid reduces the risk of nonlethal arrhythmias in patients with newly

Аннотация. Сахарный диабет — одно из самых распространенных хронических заболеваний в мире, оказывает значительное отрицательное влияние на течение сердечно-сосудистой патологии и инфаркта миокарда, в частности. Тиоктовая кислота, благодаря своим эффектам может оказать положительное влияние на риски развития нежелательных сердечно-сосудистых событий (КВС) у пациентов с впервые выявленным сахарным диабетом 2 типа после перенесенного инфаркта миокарда. Цель работы — изучение влияния тиоктовой кислоты на риск развития нежелательных КВС у пациентов с впервые выявленным сахарным диабетом в сочетании с диабетической полинейропатией, перенесших инфаркт миокарда. Материалы и методы. Объектом исследования послужили 60 человек с впервые выявленным сахарным диабетом, с установленным диагнозом инфаркта миокарда. Пациентам выполнялся набор стандартных госпитальных исследований согласно протоколам ведения данных заболеваний. Оценка нежелательных КВС проводилась при помощи электрокардиографии и эхокардиографии. На 3-й день от госпитализации были выделены группы пациентов, которым дополнительно была назначена тиоктовая кислота в дозировке 600 мг/сут перорально на три месяца. Через 3 и 12 месяцев от начала исследования проводились повторные контрольные исследования. Полученные данные обрабатывались при помощи IBM® SPSS Statistics. Различия признавались статистически значимыми при $p < 0,05$. Результаты. К моменту промежуточного контроля получено статистически значимое снижение уровня гликозилированного гемоглобина до 7,2% [95% ДИ 6,58–7,7, $p = 0,001$], что на 0,25% ниже значений контрольной группы ($p = 0,001$), уровня триглицеридов до 1,61 ммоль/л [95% ДИ 0,99–2,23, $p = 0,0001$], что на 1,21 ммоль/л ниже показателей контрольной группы ($p = 0,003$), показатель ЛПВП на завершающем этапе оказался выше на 0,2 ммоль/л ($p = 0,001$). Отмечено снижение уровня фонового тропонина Т до уровня 1,45 нг/л ($p = 0,004$), что на 4,6 нг/л ниже контрольной группы ($p = 0,003$). Контрольная группа продемонстрировала статистически значимый рост распространенности нелетальных аритмий на 20% ($p = 0,013$), тогда как в экспериментальной группе он отсутствовал.

Выводы. Тиоктовая кислота показала достоверный эффект на липопротеиды низкой плотности, уровень гликозилированного гемоглобина и триглицеридов. Тиоктовая кислота позволяет снизить риск развития нелетальных аритмий у пациентов с впервые выявленным сахарным диабетом и инфарктом миокарда в 12-ти месячный период.

diagnosed diabetes mellitus and myocardial infarction in a 12-month period.

Keywords: diabetes mellitus, myocardial infarction, thioctic acid, non-lethal arrhythmias.

Обоснование

Сахарный диабет является одним из самых распространенных хронических неинфекционных заболеваний современности. Данные международной диабетической ассоциации показывают о наличии порядка 463 миллионов людей с сахарным диабетом, а в 2045 это значение может достигнуть 700 миллионов [1]. Широко известно отрицательное влияние сахарного диабета на сердечно-сосудистые заболевания. Это обусловлено отрицательным влиянием сахарного диабета на углеводный и липидный обмен, прямым влиянием некоторых осложнений сахарного диабета на риск развития нежелательных сердечно-сосудистых событий. Препарат, который может модифицировать данные риски, представляет особый интерес.

Основная роль тиоктовой кислоты — прямое участие в углеводном обмене, а именно, в аэробном метаболизме пирувата в цикле Кребса. Альфа-липоевая кислота является коферментом в окислительном декарбоксилировании пировиноградной кислоты до ацетил-КоА и альфа-кетоглутаровой кислоты до сукцинил-КоА [2]. Усиливая переход молочной кислоты в пировиноградную, с последующим декарбоксилированием последней, тиоктовая кислота способствует ликвидации метаболического ацидоза. Помимо снижения уровня лактата и пирувата, альфа-липоевая кислота также повышает чувствительность мышечной и жировой ткани к инсулину, что приводит к улучшению показателей гликемии, нормализации показателей углеводного гомеостаза [3]. Это особенно важно для пациентов с сахарным диабетом 2 типа, так как одним из основных его патогенетических механизмов является именно инсулинорезистентность. Также известно и о повышении поглощения глюкозы через влияние на транспортер глюкозы-4 в клеточных мембранах [4]. Данные, имеющиеся в современной научной литературе несколько противоречивы. Так, ряд исследований не показал влияния альфа-липоевой кислоты на уровень гликозилированного гемоглобина, при этом демонстрируя выраженное снижение уровня тощаковой гликемии (–0,95 ммоль/л, 95% ДИ: –1,39, —0,51) по сравнению с группой плацебо [5]. С другой стороны, более крупные исследования, к примеру проведенное Zhao с соавт., показывают статистически значимое и значи-

Ключевые слова: сахарный диабет, инфаркт миокарда, тиоктовая кислота, нелетальные аритмии.

тельное снижение гликозилированного гемоглобина (–1,43, 95% ДИ: –1,9, —0,97, $p < 0,00001$) [6]. В целом, благоприятный эффект тиоктовой кислоты на углеводный обмен можно считать доказанным.

Не менее выраженным влиянием тиоктовая кислота обладает и на липидный обмен. Она способствует переносу жирных кислот из цитозоля в матрикс митохондрий для последующего окисления. Доказано, что АЛК сдвигает спектр липидов крови в сторону ненасыщенных жирных кислот, снижает количество холестерина и насыщенных жирных кислот в крови. Это способствует предотвращению развития атеросклероза. Огромное значение имеет активирующее воздействие тиоктовой кислоты на функциональную активность активируемых пролифератором пероксисом рецепторов альфа и гамма (PPAR α и PPAR γ) [7]. Активация данных рецепторов приводит к ряду эффектов, важнейшими из которых являются:

- ◆ снижение количества триглицеридов, липопротеинов очень низкой плотности в кровяном русле, за счет повышения окисления свободных жирных кислот в печени.
- ◆ снижение содержания свободных жирных кислот в крови за усиления их захвата и утилизации в адипоцитах.
- ◆ подавление эктопии жира в такие ткани и органы как: скелетная мускулатура, печень, сердце, поджелудочная железа.
- ◆ повышение уровня адипонектина, который обладает антиатерогенным эффектом.
- ◆ формирование адипоцитов обладающих склонностью к накоплению свободных жирных кислот.
- ◆ снижение концентрации провоспалительных цитокинов: ФНО- α , С-реактивный белок, интерлейкин-6 [8, 9].

Большинство клинических испытаний подтверждают на практике данные эффекты тиоктовой кислоты. В группах пациентов, получающих тиоктовую кислоту, отмечается выраженное снижение уровней ТГ (–29,185 мг/дл, 95% ДИ: –51,454, —6,916, $p = 0,01$), ОХ (–10,683 мг/дл, 95% ДИ: –19,816, —1,550, $p = 0,022$), ЛПНП (–12,906 мг/дл, 95% ДИ: –3,014, —2,831, $p = 0,025$). Уровень выраженности эффектов был связан как с начальными показателями ИМТ, так и с дозировкой

Таблица 1. Контрольная подгруппа, без альфа-липовой кислоты. Динамика факторов риска нежелательных КВС.

Показатель/этап	Стационарный этап	3 месяца	12 месяцев
НbA1c (%)	8,3 (7,73–8,75)	7,43 (6,77–7,99)	7,45 (6,7–8,1)
ТГ (ммоль/л)	2,45±1,51	2,42±0,85	2,48±0,98
ОХ (ммоль/л)	4,93±1,02	4,12±0,73	4,05±0,65
ЛПНП (ммоль/л)	2,78±0,6	2,93±0,52	2,78±0,45
ЛПВП (ммоль/л)	1,1 (0,9–1,3)	1,05 (0,89–1,14)	0,9 (0,8–1,0)
NSS (балл)	3 (2,0–5,00)	4,5 (3,0–5,0)	5 (3,0–6,0)
ИМТ (кг/м ²)	27,75±3,5		27,67±3,46

Примечание:

НbA1c — гликозилированный гемоглобин
 ТГ — триглицериды ОХ — общий холестерин
 ЛПНП — липопротеиды низкой плотности
 ЛПВП — липопротеиды высокой плотности
 NSS — шкала неврологических симптомов
 ИМТ — индекс массы тела

тиоктовой кислоты. При этом улучшение липидного профиля оказалось лучшим при дозировке 600 мг/сут. Влияние АЛК на ЛПВП достоверно не подтверждено ни в одном исследовании [10]. Влияние тиоктовой кислоты на массу тела было доказано рядом исследований, однако статистически значимый эффект достигался при дозировках 1200 и 1800 мг/сут, что приводило к значимому росту нежелательных побочных реакций. В исследовании Koh E.H и соавт., при дозировке 1800 мг/сут было достигнуто значимое снижение массы тела на 2,1% (95% ДИ 1,4–2,8%, $p < 0,05$), при этом нежелательные побочные реакции в виде крапивницы и зуда были в большинстве случаев легко-выраженными и проходящими [11].

Материалы и методы

В исследуемую группу было включено 60 человек в возрасте от 60 до 75 лет, с имеющимся диагнозом сахарного диабета, установленным на основании имеющихся документов и инфарктом миокарда, передней, передне-перегородочной локализации установленным врачом-кардиологом на основании клинических проявлений, повышения уровня КФК, МВ фракции КФК, Тропонина-Т, наличия элевации сегмента ST и зубца Q на ЭКГ.

В качестве терапии инфаркта миокарда у всех пациентов использовались стрептокиназа, зофеноприл, метопролол XR, аторвастатин, клопидогрел, ацетилсалициловая кислота. В качестве терапии сахарного диабета применялись растворимый инсулин (Возулим), инсулин средней продолжительности действия (Ринсулин НПХ). Дозы вводимого инсулина определялись целевой гликемией 7–11 ммоль/л.

В качестве критериев исключения были выбраны следующие факторы: наличие наркотической, алкогольной или другой зависимости, клапанных пороков сердца, эндокардита, врожденных пороков, гемодинамически значимых аритмий, повторного инфаркта миокарда. Также в исследование не включались пациенты с абсолютными противопоказаниями к назначаемым препаратам, пациенты с диабетической нефропатией 4–5 ст., ретинопатией III стадии, с ампутированными конечностями. Пациенты с онкологическими заболеваниями, ХСН III стадии IV функционального класса, артериальной гипертензией 3 степени также были исключены. Исследование одобрено этическим комитетом ГБОУ ВПО КубГМУ Минздрава России. Всем пациентам была разъяснена процедура участия в исследовании и было подписано добровольное информированное согласие.

В ходе исследования, у всех пациентов на основании шкалы NSS (Neural Symptom Score), были выявлены признаки диабетической полинейропатии. Далее, путем рандомизации методом квадратов, были выделены две группы. Пациентам в основной подгруппе (б) была дополнительно к получаемому лечению назначена тиоктовая кислота в дозировке 600 мг внутрь 1р/сут в течение 3-х месяцев. Всем пациентам помимо вышеуказанных обследований было проведено исследование липидного спектра, гликозилированного гемоглобина, выполнены ЭКГ, ЭХО-КГ, проведены пробы на наличие кардиальной автономной нейропатии. Данные исследования проводились исходно, через 3 и 12 месяцев лечения. Для оценки однородности групп использовался знако-ранговый критерий, для оценки изменений параметров после лечения использовался w-критерий Уилкоксона либо t-критерий Стьюдента, для оценки распространенности осложнений инфаркта

Таблица 2. Контрольная подгруппа, без тиоктовой кислоты. Динамика функциональных показателей миокарда.

	Стационарный этап	3 месяца	12 месяцев
ФВ	54,5 (45,7–55)	53,5 (45–55)	54 (46–55)
Тропонин Т	12,8 (9,15–17,63)	7,29 (3,71–9,07)	6,05 (1,88–9,05)
К. В.	1,488±0,13	1,415±0,19	1,399±0,09
30:15	1,05 (1,0–1,13)	1,06 (1,0–1,11)	1,04 (0,98–1,11)
ΔДАД	13,57±3,18	13,5±3,49	13,4±3,2
ΔСАД	22,77±7,55	19,83±6,38	19,47±6,6
сДАД	82,57±4,08	79,87±5,53	79,97±4,09
сСАД	141,97±9,76	127,4±13,27	128±6,86

Примечание:

ФВ — фракция выброса

К.В. — коэффициент вальсальвы 30:15 — показатель пробы 30 к 15 ΔДАД — показатель изометрической пробы

ΔСАД — показатель ортостатической пробы

сДАД — средний уровень систолического артериального давления

сСАД — средний уровень систолического артериального давления

миокарда до и после лечения использовался критерий Мак-Немара, для сравнения 1-й и 2-й групп использовался U-критерий Манна-Уитни.

Результаты

На исходном этапе контрольная и основная подгруппы были практически однородны по исследуемым параметрам. Исключением стал показатель среднего систолического артериального давления, показав статистически достоверное различие ($p=0,033$). Структура пациентов по ИМТ в подгруппе 1а была представлена: нормальной массой тела 30% (9 человек), избыточной массой тела 53,3% (16 человек), ожирением I ст. 16,7% (5 человека). Структура пациентов по ИМТ в подгруппе 1б была представлена: нормальной массой тела 26,7% (8 человек), избыточной массой тела 43,3% (13 человек), ожирением I ст 26,7% (8 человек), ожирением II ст 3,3% (1 человек). Статистически значимых различий в структуре выявлено не было.

На момент трехмесячного контроля в группе пациентов, не получающих альфа-липоевую кислоту, было отмечено статистически значимое снижение показателя гликозилированного гемоглобина, разница составила 0,87% ($p=0,01$). Через 12 месяцев данный показатель увеличился на 0,02%, данное изменение не являлось статистически значимым ($p=0,077$). Разница на 0,85% между начальным и конечным уровнем была статистически значима ($p=0,002$). Средний уровень триглицеридов показал тенденцию к снижению в течение трехмесячного периода, данное изменение не было статистически значимым ($p=0,933$). На момент окончания исследования, данный показатель значимо

не изменился ($p=0,886$). Уровень общего холестерина на момент промежуточного контроля уменьшился на 0,81 ммоль/л ($p=0,0001$), а к окончанию исследования показал тенденцию к снижению, которая не являлась статистически значимой ($-0,06$, $p=0,577$). Уровень липопротеидов низкой плотности показал статистически незначимую тенденцию к росту на 0,15 ммоль/л к промежуточному контролю ($p=0,202$), однако к моменту окончательного контроля изменений в данном показателе не было. Уровень липопротеидов высокой плотности показывал тенденцию к снижению на всех этапах исследования, к моменту окончательного контроля, уровень ЛПВП оказался статистически значимо ниже исходного уровня на 0,2 ммоль/л ($p=0,002$). Статистически значимых изменений ИМТ выявлено не было, он уменьшился на 0,07 кг/м² ($p=0,417$), статистически значимых изменений в структуре распределения нарушений ИМТ также не было выявлено.

К моменту промежуточного контроля уровень фонового тропонина Т показал статистически значимое снижение ($-5,51$ нг/мл, $p=0,0001$), данная тенденция сохранилась, окончательный уровень тропонина Т оказался на 6,75 нг/мл ниже исходного, данное изменение также было статистически значимо ($p=0,028$). Через 3 месяца от начала исследования отмечается статистически значимое снижение фракции выброса на 1,0% ($p=0,025$), которое сохранилось к окончанию исследования, показав статистически незначимую тенденцию к росту ($p=0,26$). Была проанализирована структура фракции выброса для данной подгруппы.

Таким образом структура фракции выброса на начальном этапе в группе пациентов с впервые выяв-

Таблица 3. Экспериментальная подгруппа. Динамика факторов риска нежелательных КВС.

Группа 2а	Стационарный этап	3 месяца	12 месяцев
HbA1c (%)	8,45 (7,68–9,13)	7,2 (6,58–7,7)	7,34 (6,6–7,83)
ТГ (ммоль/л)	2,82±1,39	1,61±0,62	1,63±0,73
ОХ (ммоль/л)	4,95±0,89	3,99±0,68	4,11±0,65
ЛПНП (ммоль/л)	2,81±0,62	2,86±0,48	2,48±0,62
ЛПВП (ммоль/л)	1,1 (1,0–1,23)	0,98 (0,91–1,16)	1,1 (0,9–1,2)
NSS (балл)	2,5 (1–5)	2,0 (1,0–3,0)	3 (1,0–4,0)
ИМТ (кг/м ²)	26,6±2,9		26,5±2,94

Примечание:

HbA1c — гликозилированный гемоглобин
 ТГ — триглицериды ОХ — общий холестерин
 ЛПНП — липопротеиды низкой плотности
 ЛПВП — липопротеиды высокой плотности
 NSS — шкала неврологических симптомов
 ИМТ — индекс массы тела

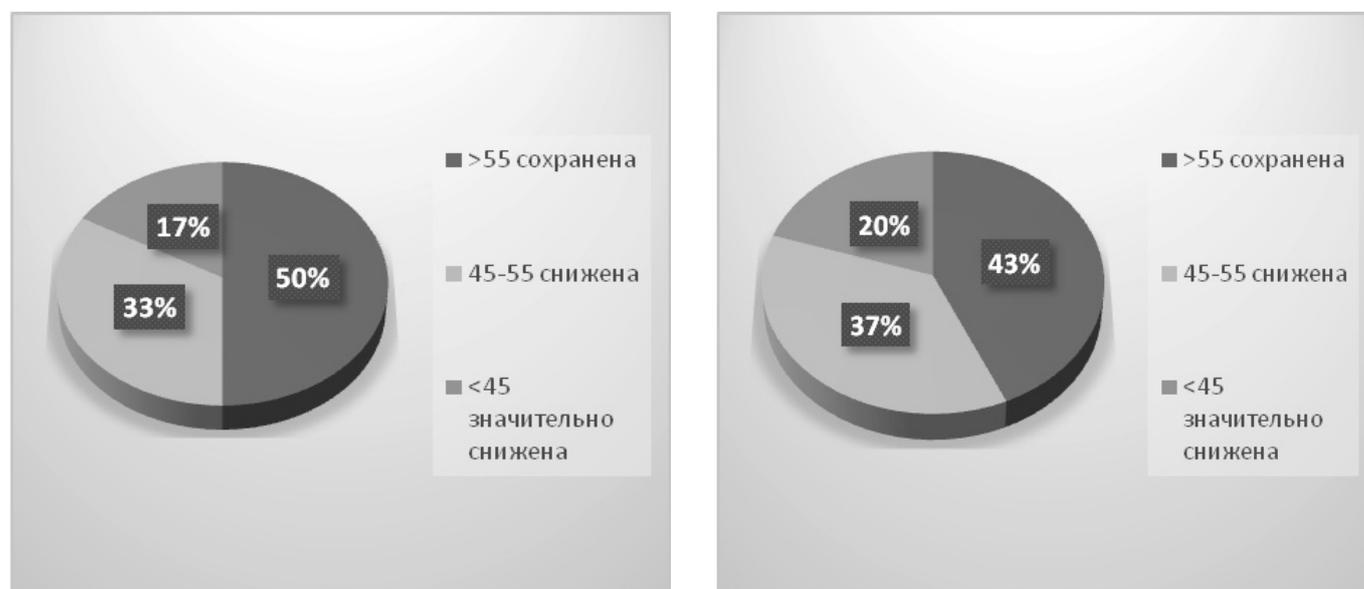


Рис. 1. Динамика структуры фракции выброса в контрольной подгруппе

ленным сахарным диабетом представлена пациентами с сохраненной фракцией выброса — 50% (15 человек), сниженной фракцией выброса 33% (10 человек), значительно сниженной фракцией выброса 17% (10 человек). После лечения отмечается незначительное снижение распространенности нормальной фракции выброса до 43% (13 человек), при этом отмечается рост сниженной фракции выброса до 37% (11 человек) и значительно сниженной фракции выброса до 20% (6 человек). Структура фракции выброса в контрольной группе пациентов с впервые выявленным сахарным диабетом имеет такую же отрицательную тенденцию, как и в группе 1б.

Коэффициент Вальсальвы статистически значимо снизился к моменту промежуточного контроля на 0,073 ($p=0,088$), дальнейшая статистически значимая динамика отсутствовала, однако имелась отрицательная тенденция ($-0,016$, $p=0,3$). Статистически достоверные изменения коэффициента пробы 30 к 15 отсутствовали на обоих этапах ($p=0,793$ и $p=0,452$ соответственно). Показатель изометрической пробы не продемонстрировал статистически значимых изменений ни на одном из этапов ($p=0,946$ и $p=0,857$) соответственно, хотя и показал тенденцию к снижению, уменьшившись на 0,1 мм.рт.ст на первом этапе и на 0,17 мм.рт.ст на втором, по сравнению с исходными данными. Изменение по-

Таблица 4. Экспериментальная подгруппа. Динамика функциональных показателей миокарда.

Параметр/этап	Стационарный этап	3 месяца	12 месяцев
ФВ (%)	55 (46,75–55)	54 (51–55)	55 (50–55)
Тропонин Т (нг/л)	11,05 (5,75–16,08)	2,15 (1,38–3,6)	1,45 (0–2,58)
К. В.	1,449±0,14	1,515±0,11	1,500±0,11
30:15	1,09 (1,01–1,15)	1,14 (1,07–1,25)	1,125 (1,1–1,16)
ΔДАД (мм.рт.ст.)	14±2,81	15,8±1,9	15,63±2,82
ΔСАД (мм.рт.ст.)	20,07±7,05	15,9±4,8	16,5±5,58
сДАД (мм.рт.ст.)	82,4±3,56	78,73±3,93	78,83±3,88
сСАД (мм.рт.ст.)	136,93±8,01	123,93±10,48	124,97±7,08

Примечание:

ФВ — фракция выброса

К.В. — коэффициент вальсальвы 30:15 — показатель пробы 30 к 15 ΔДАД — показатель изометрической пробы

ΔСАД — показатель ортостатической пробы

сДАД — средний уровень систолического артериального давления

сСАД — средний уровень систолического артериального давления

казателей ортостатической пробы на промежуточном этапе не были статистически достоверными (–2,94 мм.рт.ст, $p=0,102$). На момент окончания исследования также не было зафиксировано статистически значимых изменений в данном показателе (–3,3 мм.рт.ст, $p=0,07$). Средний уровень систолического артериального давления снизился на 14,56 мм.рт.ст к моменту промежуточного контроля, данное изменение было статистически значимым ($p=0,0001$). Дальнейшая статистическая динамика данного показателя зафиксирована не была, хотя и отмечен рост на 0,6 мм.рт.ст ($p=0,805$). Снижение уровней диастолического артериального давления на 2,7 мм.рт.ст на начальном этапе и на 2,71 на окончательном этапе были статистически достоверными ($p=0,042$ и $p=0,019$ соответственно).

Выявлены следующие корреляционные связи: положительная, слабой силы, между уровнем триглицеридов и уровнем HbA1c ($r=0,394$, $p=0,031$); положительная, слабой силы, между коэффициентом Вальсальвы и уровнем среднего систолического артериального давления; отрицательная, средней силы между уровнем HbA1c и показателем коэффициента Вальсальвы.

Таким образом, на момент трехмесячного контроля в группе пациентов, не получающих альфа-липоевую кислоту, было отмечено статистически значимое снижение показателя гликозилированного гемоглобина, разница составила 1,25% ($p=0,0003$). Через 12 месяцев данный показатель увеличился на 0,14%, данное изменение являлось статистически значимым ($p=0,001$). Разница на 1,12% между начальным и конечным уровнем была статистически значима ($p=0,0007$). Сравнение динамики данного показателя в контрольной и экспериментальной группе показало, что на время проме-

жуточного контроля HbA1c показал более выраженной снижение в экспериментальной группе, разница составила 0,25% и была статистически значима ($p=0,011$). Уровень гликозилированного гемоглобина на момент окончания исследования не показал достоверных различий ($p=0,354$) между контрольной и экспериментальной группой. Средний уровень триглицеридов показал выраженное снижение в течение трехмесячного периода, разница составила 1,21 ммоль/л ($p=0,0001$). Дальнейшая статистически значимая динамика данного показателя отсутствовала ($p=0,894$). Уровень триглицеридов в экспериментальной группе оказался статистически значимо ниже, чем в контрольной ($p=0,003$). Уровень общего холестерина на момент промежуточного контроля уменьшился на 0,96 ммоль/л ($p=0,0003$), а к окончанию исследования показал тенденцию к росту, увеличившись на 0,12 ммоль/л, которая не являлась статистически значимой ($p=0,126$). При промежуточном контроле разница между экспериментальной и контрольной группами составила 0,23 ммоль/л, при окончательном — 0,06 ммоль/л, данные различия не являлись статистически значимыми ($p=0,446$ и $p=0,745$ соответственно). Уровень липопротеидов низкой плотности статистически значимо не изменился к моменту промежуточному контролю ($p=0,710$), однако к моменту окончательного контроля было получено статистически значимое снижение на 0,4 ммоль/л ($p=0,025$). Уровень липопротеидов высокой плотности не показал статистически значимых изменений ни на промежуточном этапе ($p=0,237$), ни на момент окончания исследования ($p=0,336$). Сравнение контрольной и экспериментальной группы показало, что к моменту окончания исследования, уровень ЛПВП в экспериментальной группе был статистически значимо выше, чем в контрольной на 0,2 ммоль/л ($p=0,001$). Статистического измене-



Рис. 2. Динамика фракции выброса в экспериментальной подгруппе

ния среднего ИМТ выявлено не было, он уменьшился на $0,07 \text{ кг/м}^2$ ($p=0,352$), однако в данной подгруппе также отмечались изменения структуры ИМТ, как и в подгруппе 1а. Распространенность нормального ИМТ выросла на $16,7\%$ (5 человек) ($\chi^2 = 5,0$, $p=0,026$), однако данный рост отмечался за счет снижения в большей степени избыточной массы тела, в меньшей степени за счет снижения распространенности ожирение I степени.

К моменту промежуточного контроля уровень фонового тропонина Т показал статистически значимое снижение на $8,9 \text{ нг/мл}$ ($p=0,004$), к моменту окончательного данная динамика сохраняется, уровень тропонина Т уменьшился на $0,7 \text{ нг/мл}$, данное изменение было статистически значимым ($p=0,0004$). На всех этапах исследования снижение уровня тропонина Т было более выражено, чем в контрольной группе ($p=0,001$ и $p=0,003$ соответственно). Через 3 месяца от начала исследования отмечается снижение медианы фракции выброса на 1% , однако данное изменение не являлось статистически значимым ($p=0,24$). К моменту окончания исследования, статистически изменения медианы фракции выброса отсутствовали ($p=0,075$). Различия между контрольной и экспериментальной группой по данному параметру выявлено не было, поэтому, аналогично подгруппе 2 «б», была проанализирована структура фракции выброса в экспериментальной группе.

Таким образом структура фракции выброса на начальном этапе в группе пациентов с впервые выявленным сахарным диабетом представлена пациентами с сохраненной фракцией выброса — 53% (16 пациентов), сниженной фракцией выброса 27% (8 человек), значительно сниженной фракцией выброса

20% (6 человек). После лечения распространенность сохраненной фракции выброса не изменилась, составив 53% (16 человек). А распространенность сниженной фракции выброса, также, как и в случае группы пациентов с сахарным диабетом выросла до 40% (12 человек) за счет снижения распространенности значительно сниженной фракции выброса до 7% (2 человека). Изменения структуры фракции выброса в данной подгруппе аналогичны таковым в подгруппе 1 «а». Коэффициент Вальсальвы на момент промежуточного контроля показал тенденцию к росту, увеличившись на $0,066$, однако данное изменение не было статистически значимым ($p=0,063$). На момент окончания исследования, статистически достоверные изменения также отсутствовали ($p=0,126$). К моменту промежуточного контроля отмечена статистически значимое увеличение коэффициента пробы 30 к 15, он увеличился на $0,15$ ($p=0,015$), к моменту окончания исследования данные изменения сохраняются, между промежуточным и окончательным результатом статистически значимого различия не выявлено ($p=0,361$). Сравнение показателей данного коэффициента в контрольной и экспериментальной подгруппах показало, что в экспериментальной группе данный показатель был статистически значимо выше на всех этапах исследования ($p=0,002$ и $p=0,003$ соответственно). Параметры изометрической и ортостатической пробы продемонстрировали статистически значимую положительную динамику. Показатель изометрической пробы повысился на $1,8 \text{ мм.рт.ст.}$ к моменту промежуточного контроля ($p=0,005$), данный результат сохранился к моменту окончания исследования, разница между исходным и окончательным уровнем данного показателя составила $1,63 \text{ мм.рт.ст}$ и была статисти-

Таблица 5. Динамика КВС на промежуточном этапе исследования.

3 месяца	Группа 1а, исходно, n (%)	Группа 1а, после лечения, n (%)	Контроль, исходно, n (%)	Контроль, после лечения, n (%)	p (χ ²), до/после лечения
Нелетальные аритмии.	4 (13,3%)	5 (16,7%)	5 (16,7%)	7 (23,3%)	0,318/0,158
Гипертрофические изменения миокарда	5 (16,7%)	6 (20%)	6 (20%)	7 (23,3%)	0,318/0,318

Таблица 6. Динамика КВС на момент окончания исследования.

12 месяцев	Группа 1а, исходно, n (%)	Группа 1а, после лечения, n (%)	Контроль, исходно, n (%)	Контроль, после лечения, n (%)	p (χ ²), до/после лечения
Нелетальные аритмии.	4 (13,3%)	7 (23,3%)	5 (16,7%)	11 (36,7%)	0,084/0,013
Гипертрофические изменения миокарда	5 (16,7%)	6 (20%)	6 (20%)	9 (30%)	0,318/0,084

чески значима ($p=0,026$). Показатель ортостатической пробы показал аналогичный результат, повысившись на 4.16 мм.рт.ст ($p=0,005$) к промежуточному контролю и сохранившись до окончания исследования ($p=0,018$). На всех этапах исследования показатели изометрической пробы были значимо выше в экспериментальной группе ($p=0,006$ для обеих этапов). Показатели ортостатической пробы на всех этапах были статистически значимо выше в экспериментальной группе ($p=0,014$ и $p=0,049$ соответственно). Средний уровень систолического артериального давления показал статистически значимое снижение на 13 мм.рт.ст к промежуточному этапу ($p=0,0002$), дальнейшая значимая динамика отсутствовала ($p=0,66$). Средний уровень диастолического артериального давления аналогично показал статистически значимое снижение на 3,66 мм.рт.ст к промежуточному этапу, однако дальнейшая динамика была незначима ($p=0,698$). Сравнение среднего уровня САД не показало достоверных различий между контрольной и экспериментальными группами на всех этапах исследования ($p=0,399$ и $p=0,125$ соответственно). Сравнение среднего уровня ДАД не показало достоверных различий между контрольной и экспериментальными группами на всех этапах исследования ($p=0,491$ и $p=0,338$ соответственно).

Выявлены следующие корреляционные связи: положительная, слабой силы, между уровнем Тропонина Т и показателем ортостатической пробы ($r=0,447$, $p=0,013$); отрицательная, слабой силы, между уровнем тропонина Т и ЛПВП ($r=-0,380$, $p=0,038$); отрицательная, слабой силы между коэффициентом Вальсальвы и средним ДАД ($r=-0,465$, $p=0,01$); отрицательные, средней и слабой силы, между показателем изометрической пробы и средним САД и ДАД ($r=-0,406$, $p=0,026$ и $r=-0,530$, $p=0,003$ соответственно). Также выявлен-

ная положительная, слабой силы связь между показателем ортостатической пробы и уровнем тропонина Т ($r=0,447$, $p=0,013$ соответственно).

В группе впервые выявленного сахарного диабета, на момент промежуточного контроля не отмечено статистически значимых изменений распространенности гипертрофических изменений и нелетальных аритмий ни в контрольной, ни в экспериментальной группе.

На момент окончания исследования распространенность нелетальных аритмий в контрольной группе выросло на 20% (6 пациентов), данное изменение было статистически значимым ($p=0,013$). В экспериментальной группе не отмечено значимых изменений ($p=0,084$).

Распространенность гипертрофических изменений миокарда в контрольной и экспериментальной группах не показала статистически значимых изменений ($p=0,084$ и $p=0,318$ соответственно). Однако рост распространенности данного осложнения в контрольной группе был более выраженным, распространенность гипертрофических изменений в контрольной группе выросла на 10% (3 пациента), против 3,3% (1 пациент) в экспериментальной группе.

Заключение

Таким образом были получены данные, свидетельствующие о положительном влиянии тиоктовой кислоты на такие факторы рисков нежелательных КВС, как уровень триглицеридов, общего холестерина, липопротеидов низкой плотности, что согласуется с данными большого количества исследований [10]. Нами получено статистически значимо более выраженное снижение уровня HbA1c в основной подгруппе. Данный эффект наблюдался на момент промежуточного

контроля (спустя 3 месяца приема тиоктовой кислоты), однако, к моменту окончания данного исследования, статистически значимой разницы между основной и контрольной подгруппами выявлено не было.

Были получены статистически значимые данные о протективном воздействии тиоктовой кислоты на миокард в отношении развития нелетальных аритмий. Пациенты, перенесшие инфаркт миокарда с впервые выявленным сахарным диабетом, в контрольных группах продемонстрировали значительный и статистически значимый рост распространенности нелетальных аритмий на 20% за 12-ти месячный период. В основной подгруппе распространенность нарушений ритма выросла на 10% и не была статистически значима. Полученные результаты обусловлены несколькими факторами, такими как постинфарктное изменение геометрии миокарда и его гипертрофия, электрофизиологические изменения, связанные с ремоделированием, нарушение ионных обменных процессов, протекающих в клетке. Распространенность постинфарктных нарушений ритма значительна, так некоторые исследования показывают, что при поражении левого желудочка распространенность различных видов нарушений ритма колеблется от 6,8% до 64,1% [12]. Стоит отметить, что данное исследование проводилось на большом количестве пациентов (8676 человек) путем проведения Холтеровского мониторирования ритма в течение 24 часов, тогда как в нашем исследовании выявление

аритмий проводилось при помощи периодически повторяемой процедурой ЭКГ, некоторые из преходящих нарушений ритма могли быть пропущены. Достоверного роста числа нелетальных аритмий в основных подгруппах получено не было. Широкоформатных клинических испытаний протективных свойств тиоктовой кислоты относительно нелетальных аритмий после инфаркта миокарда на людях не проводилось, однако существует ряд исследований косвенно согласующихся с полученными нами данными. Так, исследование Magdalena D. и соавт, проведенное *in vivo* на лабораторных животных продемонстрировало, что альфа-липоевая кислота ограничивает постреперфузионную аритмию, через ряд механизмов, среди которых открытие K(ATP) каналов, увеличение уровня сульфановой серы и сульфида водорода. Не менее важным представляется участие альфа-липоевой кислоты как кофактора некоторых веществ, необходимых для аэробного метаболизма в митохондриях, таких как пируватдегидрогеназы, α -кетоглутаратдегидрогеназы, комплекса α -кетокислоты с разветвленной цепью и других. Еще одним фактором, объясняющим антиаритмический эффект тиоктовой кислоты у данной когорты пациентов может служить её положительный эффект на кардиальную автономную нейропатию.

Статистически значимых данных о положительном влиянии тиоктовой кислоты в отношении гипертрофических изменений получено не было.

ЛИТЕРАТУРА

1. International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas, 10th edn. Brussels, Belgium: International Diabetes Federation, 2020. <http://www.diabetesatlas.org>
2. Березов Т.Т., Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. - М.: Медицина, 1990—528 с.
3. Ramrath S., Tritchler H.J., Eckel J. Stimulation of cardiac glucose transport by thioctic acid and insulin // *Horm Metab Res* — 1999 — Vol.31 — P. 632–635
4. Ruhe R.C., McDonald R.B. Use of antioxidant nutrients in the prevention and treatment of type 2 diabetes // *J. Am. Coll. Nutr.* 2001. -V.20.
5. Ebada MA, Fayed N, Fayed L, et al. Efficacy of Alpha-lipoic Acid in The Management of Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-analysis. *Iran J Pharm Res.* 2019;18(4):2144–2156. doi:10.22037/ijpr.2019.1100842
6. Zhao L, Hu FX. α -Lipoic acid treatment of aged type 2 diabetes mellitus complicated with acute cerebral infarction. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.* 2014;18:3715–9
7. Pershadsingh H.A. Alpha-lipoic acid: physiologic mechanisms and indications for the treatment of metabolic syndrome. *Expert Opin. Investig. Drugs.* 2007, 16(3), 291–302.
8. Wilson T.M., Lambert M.H., Kliiwer S.A., Peroxisome proliferator-activated receptor gamma and metabolic disease// *Annu. Rev. Biochem.* 2001;70: 341–67.
9. Walczak R., Tontonoz P. Pparadigms and pparadoxes: expanding roles for ppargamma in the control of lipid metabolism.// *J.Lipid. Res.* — 2002; 43:177–86.
10. Mousavi SM, Shab-Bidar S, Kord-Varkaneh H, Khorshidi M, Djafarian K. Effect of alpha-lipoic acid supplementation on lipid profile: A systematic review and meta-analysis of controlled clinical trials. *Nutrition.* 2019;59:121–130. doi:10.1016/j.nut.2018.08.004
11. Koh EH, Lee WJ, Lee SA, Kim EH, Cho EH, Jeong E, Kim DW, Kim MS, Park JY, Park KG, Lee HJ, Lee IK, Lim S, Jang HC, Lee KH, Lee KU. Effects of alpha-lipoic Acid on body weight in obese subjects. *Am J Med.* 2011 Jan;124(1):85.e1–8. doi: 10.1016/j.amjmed.2010.08.005.
12. Maggioni AP, Zuanetti G, Franzosi MG, et al. Prevalence and prognostic significance of ventricular arrhythmias after acute myocardial infarction in the fibrinolytic era. GISSI-2 results. *Circulation.* 1993;87(2):312–322. doi:10.1161/01.cir.87.2.312

© Яновский Константин Геннадьевич (yanovsky.endokrd@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS

Abdullaeva B. — Candidate of Medical Sciences, Assistant, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
Baryat1977@mail.ru

Afanasiev G. — Candidate of Engineering Sciences, assistant professor, Bauman Moscow State Technical University, Moscow
hope_extra@mail.ru

Akhmedkhanov S. — MD, Professor, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
saip@mail.ru

Aksenova S. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «National Research Ogarev Mordovia State University» (Saransk)
aksenovamed@mail.ru

Andryukhin A. — Ph. D., associate professor, MIREA - Russian Technological University (Moscow)
pr1110@list.ru

Antipenko V. — Doctor of Technical Sciences, professor, Russian University of Transport (MIIT)
antipenkovs7@mail.ru

Arsyukova O. — First Moscow State Medical University
Bond19792@yandex.ru

Astashina O. — Senior Lecturer, Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin
astashina.ol@yandex.ru

Atsaeva M. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Chechen State University named after A.A. Kadyrov
acaeva-mm@mail.ru

Avedova D. — Postgraduate student, FSBEI of HE "Saratov State Medical University" named after V.I. Razumovsky

Ayupova F. — PhD, associate professor, FSBEI HE KubSMU of the Ministry of Health of Russia, Krasnodar
farida.sag@mail.ru

Azovskova O. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Smolensk State Medical University
oazovskova@gmail.com

Babich M. — Ph.D., Russian University of Transport (MIIT)
babich_a@inbox.ru

Babich N. — Postgraduate student, Russian University of Transport (MIIT)
babichnikolay35@gmail.com

Bazhenov R. — Ph.D. (Pedagogy), Associate Professor, Sholom-Aliechem Priamursky State University (Birobidzhan)
r-i-bazhenov@yandex.ru

Beibalaeva A. — Candidate of Medical Sciences, Assistant, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
beybalaeva89@mail.ru

Bezborodova D. — Smolensk State Medical University, Smolensk
bezborodovadasha0111@mail.ru

Bisultanova Z. — Art. Lecturer, Chechen State University named after A.A. Kadyrov
zura_sun@mail.ru

Borisov V. — Maxillofacial surgeon, Kursk regional multifunctional clinical hospital
vbdoc@list.ru

Britan A. — FGAOU "Siberian Federal University"
legenda.1011@mail.ru

Budnikov K. — Kuban State Technological University, Krasnodar
kbudnikov999@gmail.com

Bulkina N. — Doctor of Medical Sciences, FSBEI of HE "Saratov State Medical University" named after V.I. Razumovsky
sto-kafedra@yandex.ru

Chakhchakhov Yu. — Postgraduate student of the Tyumen State Medical University of the Ministry of Health of Russia
yanis_chahchahov@mail.ru

Dobrokhotova Yu. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov" of the Ministry of Health of the Russian Federation

Dorofeev A. — Ph.D. (Eng), Associate Professor, Irkutsk National Research Technical University (Irkutsk) dorbaik2007@mail.ru

Dovgal V. — Kuban State Technological University, Krasnodar d.vlad.recom@gmail.com

Drilenko A. — Post-graduate student, Kuban State Technological University a.drilenko@russia.ms

Dzhambetova P. — Doctor of Biol. Sci., Professor, Chechen State University named after A.A. Kadyrov petimat-lg@rambler.ru

Fatikhova I. — Birsk Branch of Bashkir State University Fatikhoval.V@yandex.ru

Fedosov E. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Smolensk State Medical University fedosoffevgenij@yandex.ru

Fishchev S. — MD, Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation super.kant@yandex.ru

Galemov R. — Senior Lecturer, Siberian Federal University (Krasnoyarsk) galemovruslan@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

Glushkov S. — Dr. Sci. (Eng), Professor, Maritime state university named after admiral G.I. Nevelskoy (Vladivostok) glushkov@msun.ru

Goncharov D. — Assistant, National Research University "Belgorod State University", Belgorod goncharov@bsu.edu.ru

Grachev N. — Ph. D., professor, MIREA - Russian Technological University (Moscow) ngrachev@mail.ru

Gubaidullina R. — Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla (Ufa) regi.mi@yandex.ru

Hajiyev A. — PhD, associate professor, Azerbaijan Medical University kond.babaev.baku.az@mail.ru

Ilchenko O. — Post-graduate student, Samara State Medical University, Samara; doctor - obstetrician-gynecologist GBUZ SO SGP No. 3, Samara olesay.ilchenko@gmail.com

Ionin V. — Doctor of medical sciences, professor, Khanty-Mansiysk State Medical Academy

Irkhin S. — Kuban State Technological University, Krasnodar irhinsergei@gmail.com

Ivanova T. — Cand. honey. Sci., Associate Professor, Samara State Medical University, Samara t.v.ivanova@samsmu.ru

Ivanov P. — Doctor of Medical Sciences, professor, FSBEI of HE "Penza State University"

Jalilov A. — Candidate of Medical Sciences, Karshi Branch Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Cardiology Jalilov_adham@mail.ru

Kalimatova D. — PhD, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov" of the Ministry of Health of the Russian Federation 9227707@gmail.com

Kamyshov S. — Postgraduate student, FSBEI of HE «Penza State University»

Kasimenko L. — Ph.D., Associate Professor, Russian University of Transport (MIIT)
kasimenkolm@mail.ru

Khasbatullina G. — Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla (Ufa)
khasbatullina@yandex.ru

Khovayko V. — Postgraduate student, Tver State Medical University
vitality_95@bk.ru

Khozina E. — Assistant, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «National Research Ogarev Mordovia State University» (Saransk)
evgenia.hozina@gmail.com

Klimov A. — PhD, associate Professor, Saint Petersburg state pediatric medical University of the Ministry of health of the Russian Federation
pstom4@zdrav.spb.ru

Komisarenko O. — Smolensk State Medical University, Smolensk
oksana-kod2010@mail.ru

Kondratieva A. — Smolensk State Medical University, Smolensk
asseliaasia@gmail.com

Koroeva M. — Postgraduate student North Ossetian State Medical Academy, Vladikavkaz
madina-koroeva@yandex.ru

Kumaksheva T. — Assistant, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «National Research Ogarev Mordovia State University» (Saransk)
tanya.kumaksheva@mail.ru

Kutlin N. — Doctor of Biological Sciences, Professor, Birk Branch of Bashkir State University
Kutlin52@list.ru

Kuzmina Yu. — Doctor of Ultrasound Diagnostics, State budgetary institution of the Rostov region «Rostov Regional Clinical Hospital», Rostov-on-Don
kujubo@yandex.ru

Lepilin A. — MD, Professor, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky of the Ministry of Health of the Russian Federation
lepilins@mail.ru

Lukyanov L. — Postgraduate student, Moscow Aviation Institute (National Research University)
lev06191972@yandex.ru

Lvov N. — MIREA - Russian Technological University (Fryazino)
lvov_ns@outlook.com

Makukha L. — Senior Lecturer, FGAOU "Siberian Federal University"
makuha_lv@mail.ru

Mamedova S. — Doktoral candidate, scientific researcher of the Genetic Resources Institute of ANAS, Baku, Azerbaijan
sh.mammadova.agri@gmail.com

Masalsky G. — PhD, Associate professor, Siberian Federal University (Krasnoyarsk)
gmasalsky@sfu-kras.ru

Maslichova R. — Maxillofacial surgeon, Kursk regional multifunctional clinical hospital
maslichova@bk.ru

Mikhaleiko E. — Deputy Director, MedInvest LLC, Tyumen
mihalenkoes@mail.ru

Mochalova A. — Candidate of medical sciences, Clinical Hospital Medsi. Otradnoe, Head of Anticancer Therapy Department
denisovaas@mail.ru

Morgunov D. — Deputy Director, MedInvest LLC, Tyumen
Smix2004@mail.ru

Murtazina A. — PhD in Technical Sciences, senior lecturer, Russian state university named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
aly1029@yandex.ru

Nebylicyn I. — Postgraduate student, FSBEI of HE «Penza State University»

Nikolaeva A. — Postgraduate student, Bauman Moscow State Technical University, Moscow
as_nikolaeva@bk.ru

Orlova I. — PhD, associate Professor, Saint Petersburg state pediatric medical University of the Ministry of health of the Russian Federation
orisha@mail.ru

Pashchenko V. — Assistant, Kursk State Medical University

Pisarev I. — Cand. tech. Sciences, Associate Professor, FGAOU "Siberian Federal University"
IPisarev@sfu-kras.ru

Podgorsky V. — Nosov Magnitogorsk State Technical University
podgorsky_a@mail.ru

Popov V. — Ph. D., Assistant Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
vpopov5@mail.ru

Pospelov P. — Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI) (Moscow)
pospelov@madi.ru

Puzdyreva M. — PhD, assistant Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
seven-spb@yandex.ru

Rozhkova M. — Assistant Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
rozmaria2010@yandex.ru

Ryabov A. — Applicant, Samara State Medical University, Samara
samaraobsgyn2@yandex.ru

Saidova B. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Dagestan State Medical University Ministry of Health of the Russian Federation
spssaidova@mail.ru

Saidova Z. — Assistant, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
spssaidova@mail.ru

Saidov M. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Dagestan State Medical University Ministry of Health of the Russian Federation
magomed.saidov.76@mail.ru

Sedova N. — Ph.D. (Eng), Associate Professor, Maritime state university named after admiral G.I. Nevelskoy (Vladivostok)
nellyfish81@mail.ru

Sevastyanov A. — MD, Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
ardy.dkr@mail.ru

Shchenin A. — Assistant, Kursk State Medical University
schenin-92@mail.ru

Sidorov A. — Senior Lecturer, FGAOU "Siberian Federal University"
asidorov@sfu-kras.ru

Simankov V. — Doctor of Technical Sciences, Professor, Kuban State Technological University
vs@simankov.ru

Slepushkin V. — Doctor of Medical Sciences, Professor, North Ossetian State Medical Academy, Vladikavkaz
slevit@mail.ru

Smirnov E. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art)", Moscow
evg7162@mail.ru

Sobirova Z. — Assistant, FSBEI HE KubSMU of the Ministry of Health of Russia, Krasnodar
plotnikova100@yandex.ru

Subbotin R. — PhD, assistant Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
roma.seregin.92@mail.ru

Sviridova I. — Assistant, National Research University "Belgorod State University", Belgorod
sviridova@bsu.edu.ru

Tatashev A. — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI) (Moscow)
a-tatashev@yandex.ru

Terekhov V. — Candidate of Engineering Sciences, assistant professor, Bauman Moscow State Technical University, Moscow
terekchow@bmstu.ru

Terentyev A. — Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI) (Moscow)
aleksej.terentev.67@bk.ru

Toboev G. — Doctor of Medical Sciences, Professor, North Ossetian State Medical Academy, Vladikavkaz
gtoboev@yandex.ru

Trebunskikh A. — Applicant, Samara State Medical University, Samara; doctor - obstetrician-gynecologist
GBUZ SO SGP No. 3, Samara
samaraobsgyn2@yandex.ru

Trofimenko Yu. — Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI) (Moscow)
ecology@madi.ru

Trofimov E. — Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher at the IAT Research Institute
eatrofimov@rambler.ru

Urvachev P. — Kuban State Technological University, Krasnodar
p.m.urvachev@gmail.com

Vischipanov A. — Doctor of Medical Sciences, Professor, FGAOU VO «Russian National Research Medical University. N.I. Pirogov» of the Ministry of Health of Russia

Volovuev V. — PhD, associate professor, FSBEI HE KubSMU of the Ministry of Health of Russia, Krasnodar
vladimir.volobueff@yandex.ru

Vasilyeva O. — PhD, Associate professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «National Research Ogarev Mordovia State University» (Saransk); Ophthalmologist, Limited Liability Company «Dr. Kurenkov Clinic» (Moscow)
olga11vasilyeva@gmail.com

Yanovsky K. — Postgraduate student, State budgetary educational institution of Higher Education "Kuban State Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation
yanovsky.endokrd@yandex.ru

Yashina M. — Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI) (Moscow)
yash-marina@yandex.ru

Zaitsev D. — Graduate student, Bunin Yelets State University
dimanz1997@bk.ru

Ziulkina L. — Doctor of Medical Sciences, FSBEI of HE "Penza State University"
larisastom@yandex.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).

