

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№1 2024 (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
Верстка
М.А. Комарова

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

Издатель:

Общество с ограниченной ответственностью
«Научные технологии»

Адрес редакции и издателя:
109443, Москва, Волгоградский пр-т, 116-1-10
Тел/факс: 8(495) 142-8681

E-mail: redaktor@nauteh.ru
<http://www.nauteh-journal.ru>

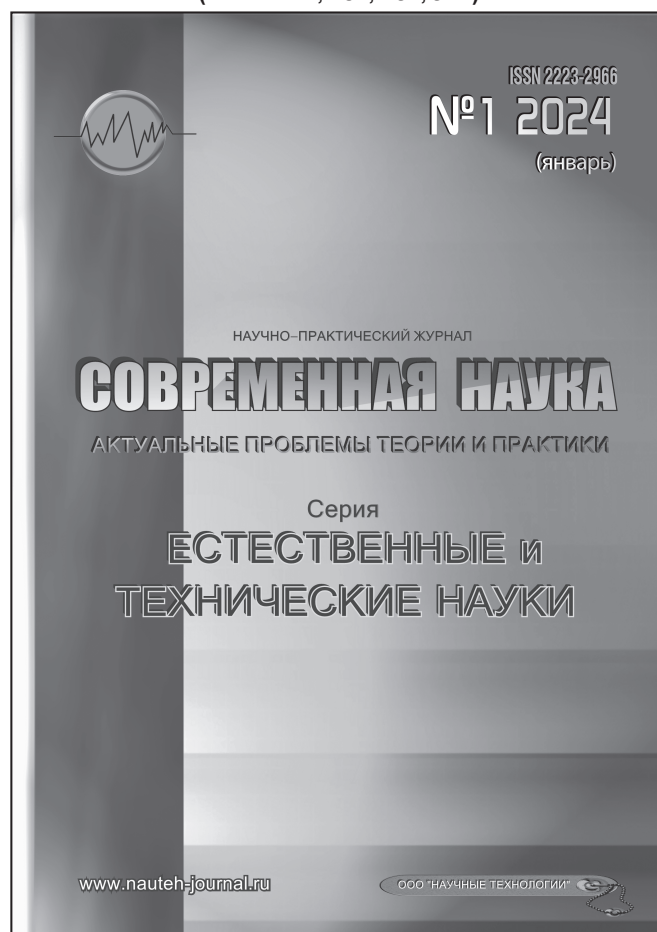
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(ВАК — 1.1.2, 1.5.x, 2.3.x, 3.1.x)



В НОМЕРЕ:

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

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

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

Журнал отпечатан в типографии
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296
Подписано в печать 25.01.2024 г. Формат 84x108 1/16
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



Редакционный совет

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Олейникова Светлана Александровна — д.т.н., доцент, Воронежский государственный технический университет

Рахимов Ильгизар Ильясович — д.б.н., профессор, Казанский (Приволжский) федеральный университет

Ромашкова Оксана Николаевна — д.т.н., профессор, Московский городской педагогический университет

Симаков Юрий Георгиевич — д.б.н., профессор, Московский государственный университет им. К.Г. Разумовского (ПКУ)

Симоненков Алексей Павлович — д.м.н., профессор, независимый эксперт

Трапезов Олег Васильевич — д.б.н., в.н.с., ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН»

Федорова Оксана Ивановна — д.б.н., доцент, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина

Харитонов Михаил Анатольевич — д.м.н., профессор, Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова

Царегородцев Анатолий Валерьевич — д.т.н., профессор, Московский государственный лингвистический университет redaktor3@nauteh.ru

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Общая биология

Бугеро Н.В., Ильина Н.А., Клионковский А.И. — Микробиологический профиль кишечника у лиц с психическими расстройствами
Bugero N., Ilyina N., Klinkovsky A. — Gut microbiologic profile in persons with psychiatric disorders6

Иофина И.В. — Водные микровицеты прибрежного района Ладожского озера
Iofina I. — Aquatic fungi of the coastal region of lake Ladoga.....12

Фещенко Д.И., Фещенко А.А., Везубова Н.А. — Решение проблем тканевой инженерии, как один из путей увеличения продолжительности жизни
Feschenko D., Feschenko A., Verezubova N. — Solving the problems of tissue engineering as one of the ways to increase life expectancy.....15

Информатика, вычислительная техника и управление

Ахметшина Э.И., Пономарёв Н.А., Абдюшева А.Д. — Моделирование образовательных траекторий с использованием искусственного интеллекта
Akhmetshina E., Ponomarev N., Abdyusheva A. — Modeling of educational trajectories using artificial intelligence20

Бикбулатов Р.И., Борисова О.В. — Оценка актуальности и эффективности использования интеллектуальных систем в логистической сфере
Bikbulatov R., Borisova O. — Assessment of relevance and effectiveness use of intelligent systems in the logistics sector24

Бикбулатов Р.И., Плотников В.В. — Повышение качества и уровня безопасности работы газовых котельных на основе применения средств автоматизации
Bikbulatov R., Plotnikov V. — Improving the quality and safety of gas boiler houses based on applications of automation tools28

Борзых Н.Ю., Смоленцева Т.Е. — Многокритериальная оптимизация и управление показателями качества в задачах машинного обучения
Borzykh N., Smolentseva T. — Multicriteria optimization and management of quality indicators in machine learning problems33

Бурьгин В.М. — Анализ структуры системы защиты облачного центра обработки данных (ЦОД)
Burygin V. — Analysis of the protection system structure cloud data center (DPC)38

Ван Синьюй — Методы снижения возникновения рисков информационной безопасности в сетях SDN
Wang Xinyu — Methods of mitigating information security risks in SDN networks42

Евдокимова И.С., Тулохонова И.С., Галданов Г.Ж. — Нейросетевая модель классификации лесного массива по данным спутниковых снимков
Evdokimova I., Tulokhonova I., Galdanov G. — Neural network model of forest classification based on satellite imagery data.....46

Жиганов В.П. — Использование дополненной и виртуальной реальности в образовании
Zhiganov V. — The use of augmented and virtual reality in education54

Забабурин В.М. — Методика исследования текущего и прогнозируемого состояния эргатической системы
Zababurin V. — Methodology for studying the current and predicted state of the ergatic system.....58

Игнатиади Е.К., Михайлов М.В., Гончаров В.А., Поздняков В.А., Лобкова В.А., Островский А.С., Лыков С.В. — Разработка алгоритма адаптивной системы стыковки НПА с БЭК с использованием методов машинного обучения
Ignatiadi E., Mikhailov M., Goncharov V., Pozdnyakov V., Lobkova V., Ostrovsky A., Lykov S. — Development of an algorithm for an adaptive system of AUV docking with USV using machine learning methods.....63

Калашников В.А. — Исследование методов аугментации в задаче сегментации камней на конвейере предприятия горной промышленности <i>Kalashnikov V.</i> — Study of augmentation methods in the problem of stone segmentation on a conveyor belt of a mining enterprise.....69	<i>Rusakov A., Deryugin M., Nikonov V., Simonova M.</i> — Development of software for collecting and analyzing data on the availability of proxy servers using machine learning methods 114
Калёнова А.Н., Акуленок М.В. — Разработка модели автоматизации процесса составления отчета государственной экзаменационной комиссии <i>Kalyonova A., Akulenok M.</i> — Development of a model for automating the process of compiling a report of the state examination commission72	Степанов Л.В., Сальникова А.Ю. — Применение теории кооперативных игр для оценки безопасности системы <i>Stepanov L., Salnikova A.</i> — Application of cooperative game theory to assess system security 128
Ладиков А.В. — Обезличивание пользовательских данных в системах бизнес-аналитики <i>Ladikov A.</i> — Depersonalization of user data in business intelligence systems76	Уляшев А.Е., Старцев А.Э., Куделин А.Г. — Бездатчиковые методы определения механических параметров гибридного шагового двигателя <i>Ulyashev A., Startsev A., Kudelin A.</i> — Sensorless methods for determining the mechanical parameters of a hybrid stepper motor..... 133
Максимов В.К. — UX-соглашение: преодоление разногласий между разработчиками и заказчиками <i>Maximov V.</i> — UX agreement: overcoming disagreements between developers and customers82	Фигуров М.О., Мищук Б.Р. — Использование математического моделирования при проектировании и контроле виртуальной экономики онлайн-проекта <i>Figurov M., Mishchuk B.</i> — The use of mathematical modeling in the design and control of the virtual economy of an online project..... 137
Новоселова Д.В. — Особенности и возможности цифровизации <i>Novoselova D.</i> — Features and possibilities of digitalization87	Фимин А.А., Соменкова А.М. — Нейронные сети в рекомендательных системах <i>Fimin A., Somenkova A.</i> — Neural networks in recommendation systems 142
Парфентьев К.В., Чжан Бохань — Обнаружение транспортных средств и пешеходов для автономных транспортных средств на основе MobileVit <i>Parfentyev K., Zhang Bohan</i> — Vehicle and pedestrian detection for autonomous vehicles based on MobileVit92	Цзян Сичунь, Яо Янь, Шэнь Ци — Распознавание изображений из мультфильмов на основе технологии глубокого обучения TensorFlow <i>Jiang Xichun, Yao Yan, Shen Qi</i> — Cartoon image recognition based on TensorFlow deep learning technology..... 146
Русаков А.М., Амелютин Е.В., Розин С.В., Самогин А.С. — Разработка системы для выявления потенциальных вирусов и активных эксплоитов в корпоративных мессенджерах <i>Rusakov A., Amelyutin E., Rozin S., Samogin A.</i> — Development of a system for detecting potential viruses and active exploits in corporate messengers .99	Школяренко А.О., Ивандикова П.С., Илимбетов Р.Ю., Николаев В.А., Аленов А.Ж. — Результаты математического и компьютерного моделирования нагрева тяговой аккумуляторной батареи электроболида класса «Formula Student» <i>Shkolyarenko A., Ivandikova P., Ilimbetov R., Nikolayev V., Alenov A.</i> — The results of mathematical and computer modeling of heating of the traction battery of the electric car of the class «formula student».. 149
Русаков А.М., Дерюгин М.Г., Никонов В.В., Симонова М.А. — Разработка программного обеспечения для сбора и анализа данных о доступности прокси серверов с использованием методов машинного обучения	Клиническая медицина
	Асанбаева А.А. — Остеопороз и остеопения у пациентов с ХОБЛ <i>Asanbaeva A.</i> — Osteoporosis and osteopenia in patients with COPD..... 156

- Ахмедова С.Р., Омаров Н.С.-М.** — Воспалительные заболевания органов малого таза: современный подход к диагностике и терапии (обзор литературы)
Ahmedova S., Omarov N. — Inflammatory diseases of the pelvic organs: modern approach to diagnosis and therapy (literature review) 160
- Бакушев А.П.** — Диагностика повреждений стенок глазниц
Bakushev A. — Diagnostics of damage to the walls of the orbits 164
- Болгов Д.Ю., Кузнецов С.И., Ткаченко М.С.** — Эндотелиальная дисфункция и её маркеры у больных ишемической болезнью сердца (ИБС) перенёвших COVID-19
Bolgov D., Kuznetsov S., Tkachenko M. — Endothelial dysfunction and its markers in patients with coronary heart disease (CHD) who underwent COVID-19... 168
- Вашуркина И.М., Сипров А.В., Пузакова Д.В., Бахметьева Ж.В., Засухин Д.А.** — Бариатрическая хирургия — способ лечения ожирения
Vashurkina I., Siprov A., Puzakova D., Bakhmeteva Zh., Zasukhin D. — Bariatric surgery is a way to treat obesity 173
- Каллаева К.К.М., Котова Ю.А., Лущик М.В., Остроухова О.Н., Макеева А.В., Дугушева В.А., Тюркин И.А.** — Современные данные о роли липопротеина (а) в развитии сахарного диабета
Kallaeva K., Kotova Ju., Luschik M., Ostroukhova O., Makeeva A., Dugusheva V., Tyurkin I. — Current data on the role of lipoprotein (a) in the development of diabetes mellitus 179
- Кузнецова Н.С., Ишмуратов М.И., Осинская Л.А., Хусаенова А.Ф.** — Оценка факторов риска развития периимплантита
Kuznetsova N., Ishmuratov M., Osinskaya L., Khusainova A. — Assessment of risk factors for the development of peri-implantitis 186
- Кутина М.А., Паршина С.С.** — Гемокоагуляционные сдвиги у коморбидных пациентов в различные сроки после перенесенной COVID-19 инфекции
Kutina M., Parshina S. — Hemocoagulation shifts in comorbid patients at various times after COVID-19 infection 189
- Лавренюк В.В., Лунева М.А., Шишкова В.В., Чурина О.С., Павлова Л.В.** — Хроническая обструктивная болезнь легких и туберкулез органов дыхания: проблема коморбидности
Lavrenyuk V., Luneva M., Shishkova V., Churina O., Pavlova L. — Chronic obstructive pulmonary disease and respiratory tuberculosis: the problem of comorbidity 193
- Манойлов А.Е., Габаидзе Д.И., Фищенко В.И., Габаидзе Г.Д.** — Анализ динамики вызовов скорой медицинской помощи по поводу заболеваний щитовидной железы
Manoilov A., Gabaidze D., Fishchenkov V., Gabaidze G. — Analysis of the dynamics of ambulance calls for thyroid diseases 198
- Мирович Е.Е., Мирович Е.Д., Чурилов А.В., Петренко С.А.** — Сексуальная функция женщин при пролапсе тазовых органов
Mirovich E., Mirovich E., Churilov A., Petrenko S. — Sexual function of women with pelvic organ prolapse 203
- Соколова Н.Ю., Савельева Е.А., Мартынова К.А., Махаури А.Д., Меджидов С.Р.** — Итраоперационные маркеры развития впервые возникшей фибрилляции предсердий у пациентов с хронической ишемической болезнью сердца после аорто-коронарного шунтирования
Sokolova N., Savelyeva E., Martynova K., Makhauri A., Medzhidov S. — Itraoperative markers of the development of first achievement of atrial fibrillation in patients with chronic ischemic heart disease after coronary arto bypass grafting 208
- Якиев А.А.** — Эффективность и безопасность применения антибактериальных препаратов в лечении пациентов с диабетической офтальмопатией
Yakiev A. — Efficacy and safety of antibacterial drugs in the treatment of patients with diabetic ophthalmopathy 213
- Якиев А.А.** — Анализ микробиома конъюнктивальной полости у пациентов с диабетическим макулярным отеком до и после хирургического лечения
Yakiev A. — Analysis of the microbiome of the conjunctival cavity in patients with diabetic macular edema before and after surgical treatment 216
- Наши авторы 220

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ КИШЕЧНИКА У ЛИЦ С ПСИХИЧЕСКИМИ РАССТРОЙСТВАМИ¹

GUT MICROBIOLOGIC PROFILE IN PERSONS WITH PSYCHIATRIC DISORDERS

**N. Bugero
N. Ilyina
A. Klinkovsky**

Summary. В Псковском государственном бюджетном учреждении «Псковский областной клинический центр психиатрии и наркологии» обследованы 54 пациента с различными формами психических расстройств. Проведено общее клиническое и лабораторное обследование (анализ на дисбиотические нарушения кишечной флоры и анализ кала). Определение состава взаимовыгодного существования представителей микрофлоры кишечника осуществлялось с изучением таких параметров как индекс контагиозности, показатели флористической значимости, индекс таксономической постоянства. У обследованных на фоне снижения показателей постоянства нормофлоры вошли условно-патогенные микроорганизмы: р. *Enterococcus* (С=57,6 %) и грибы р. *Candida* (С=55,5 %). Было выявлено, что у пациентов с психическими расстройствами количество доминирующих и флористически значимых представителей симбиотической микрофлоры при увеличении численности представителей транзитных микроорганизмов, это способствует изменению структуры ценопита кишечника, в результате смены доминирующих видов и распространению представителей условно-патогенной микрофлоры.

Keywords: contagiousness index, floristic significance, compositional constancy index, mental disorders, dominant species, enterococci, *Candida* fungi.

Бугеро Нина Владимировна

Доктор биологических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Псковский государственный университет»
bugero@mail.ru

Ильина Наталья Анатольевна

Доктор биологических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Псковский государственный университет»
ilina@mail.ru

Клионковский Александр Игоревич

Аспирант,
ФГБОУ ВО «Псковский государственный университет»
klionkovskiy@mail.ru

Аннотация. В Псковском ГБУЗ «Псковский областной клинический центр психиатрии и наркологии» обследованы 54 пациента с различными формами психических расстройств. Всем лицам проводилось общеклиническое и лабораторное обследование (анализ на дисбиотические нарушения кишечной флоры и анализ кала). Определение состава взаимовыгодного существования представителей микрофлоры кишечника осуществлялось с изучением таких параметров как индекс контагиозности, показатели флористической значимости, индекса постоянства таксонов. У обследованных на фоне снижения показателей постоянства нормофлоры вошли условно-патогенные микроорганизмы: р. *Enterococcus* (С=57,6 %) и грибы р. *Candida* (С=55,5 %). Выявлено, что у пациентов с психическими расстройствами снижается количество доминирующих и флористически значимых представителей симбиотической микрофлоры при увеличении численности представителей транзитных микроорганизмов, это способствует изменению структуры ценопита кишечника, в результате смены доминирующих видов и распространению представителей условно-патогенной микрофлоры.

Ключевые слова: индекс контагиозности, флористическая значимость, индекс постоянства состава, психические расстройства, доминантные виды, энтерококки, грибы *Candida*.

Нормальной микрофлоре человека отведена значительная роль в организме, которая определяет ее разнообразные функции: защитная, пищеварительная, иммуногенная, регуляция обмена веществ. В последние годы одной из актуальных проблем современной медицины является установление причинно-следственных связей микробиологического профиля кишечника с разнообразными патологическими нарушениями [1].

Микробиологический профиль толстого отдела кишечника представляет собой сложную многокомпонентную систему, состоящую из бактерий, вирусов, грибов,

простейших. Наибольшее количественное значение отводится бактериальной группе, также как важность для организма и изученность [2]. В последние годы претерпели изменения в представлении о нормальном количественном и качественном составе нормальной микрофлоры кишечника. Многие таксоны бактерий служат важнейшим инструментом для лечения дисбактериоза [2], [3]. Трансплантация фекальной микробиоты является важным звеном лечения специфических инфекций [4]. Не следует забывать о включение пробиотиков и пребиотиков в рацион питания и для лечения ряда важных заболеваний желудочно-кишечного тракта [5], [6].

¹ Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема «Молекулярно-генетические детерминанты персистенции простейших *Blastocystis* spp. в формировании инфекционного процесса (FSNS-2023-0009)»).

В последние годы в связи распространением в мире COVID-19 и изучением влияния вируса на организм человека показало значительное увеличение больных с психическими и неврологическими нарушениями [7]. По мнению многих исследователей такие изменения являются осложнениями на перенесшую короновирусную инфекцию [10].

В результате патологических вскрытий обнаружено воспаление мозговой ткани больных. Применение методов нейровизуализации обнаруживают микроинсульты и лейкоэнцефалопатию, ведущее к разрушению покрытия отростков нервной ткани. У переболевших короновирусной инфекцией отмечены негативные психологические реакции: депрессия, раздражимость, смена настроения, стресс, тревожность и др. Коронавирусная инфекция сопровождается интоксикацией, кислородным голоданием головного мозга [11]. У пожилых пациентов отмечены психотические состояния: спутанность сознания, галлюцинации. Анализ литературы показал, что если человек с психическим расстройством болен короновирусом, то инфекция может спровоцировать рецидив и утяжелить течение психического расстройства [12].

Однако, в литературе практически отсутствуют данные об изменении кишечной микробиоты у людей с психическими нарушениями и нервными расстройствами.

Целью нашего исследования было изучение микробиологического профиля кишечника у лиц с психическими расстройствами.

У 54 пациентов Псковского областного клинического центра психиатрии и наркологии была изучена качественная и количественная структура микрофлоры кишечника. Изучение амбулаторных карт пациентов позволило установить отсутствие инфекционных заболеваний на момент исследования, кроме того, обследованные не получали в течение 3 месяцев антибак-

териальные препараты, а также получить сведения о диагнозах пациентов. Среди обследованных были лица с психическими и поведенческими расстройствами, вызванными употреблением алкоголя, с диагнозом шизофрения параноидная и пациенты с биполярным аффективным расстройством. Бактериологическое исследование кала и изучение экологических параметров качественного и количественного состава кишечной микрофлоры толстого отдела проводили в соответствии с отраслевым стандартом «Протокол ведения больных. Дисбактериоз кишечника» (приказ Министерства здравоохранения РФ №231 от 09.06.2003 г.).

Для изучения экологических параметров кишечника использовали индекс контагиозности (Уиттекер, 1980), индекс флористической значимости видов (Наткевичайте-Иванаускаене, 1985), видовое разнообразие изучаемого сообщества микроорганизмов рассчитывали по формуле Уиттиера [8], [9].

В исследовании использовался статистический метод, на основе которого были получены приведенные ниже результаты. Изучены средние арифметические, ошибки средних арифметических, стандартные отклонения, доверительные интервалы, корреляционные отношения определяли с использованием коэффициента достоверности Стьюдента. Результаты считались достоверными при $p < 5$. Для обработки данных использовались основные инструменты программы Microsoft Office Excel 2010. Контрольную группу составили практически здоровые люди, не имеющие психических заболеваний. В ходе исследования проводилось сопоставление полученных данных с составом нормального биотопа кишечника. Для этого учитывали критерии, представленные на рисунке 1.

Диагноз устанавливался на основе наличия хотя бы одного из представленных выше критерия, установленного в результате оценки микробиологического статуса участника эксперимента с психическими расстройства-

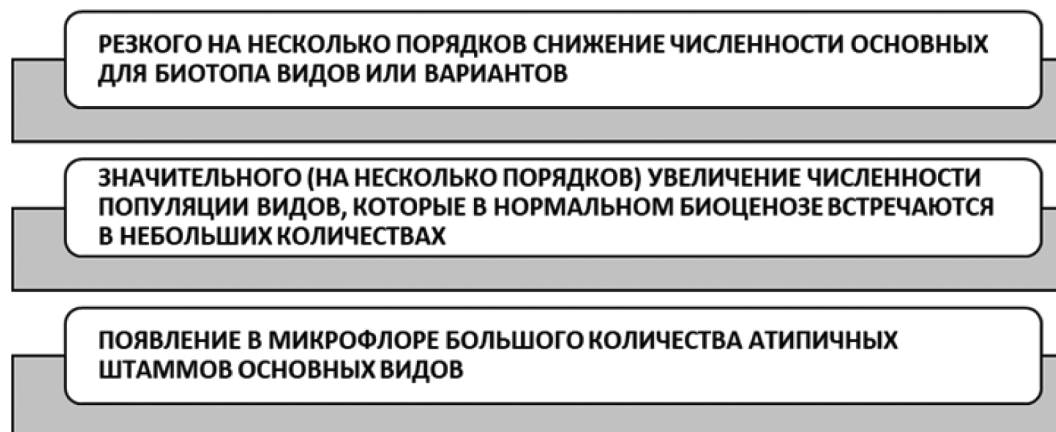


Рис. 1. Критерии сравнения полученных данных с составом нормального биотопа кишечника

ми. Дисбактериоз кишечника ставится при резком снижении в кале численности бактерий р. *Bifidobacterium* до уровня 10^6 КОЕ/г и менее, р. *Lactobacillus* — 10^5 КОЕ/г и менее, р. *Escherichia* — до 10^7 КОЕ/г и менее. С одновременным увеличением количество патогенных и условно-патогенных микроорганизмов р. *Staphylococcus*, р. *Proteus*, р. *Klebsiella* и др. до уровня 10^4 КОЕ/г и более, р. *Candida* — 10^5 КОЕ/г и более и р. *Escherichia* до десяти процентов и более атипичных типов.

Характеристика частоты встречаемости и колонизации микроорганизмов не дает полного представления о конкретном микробиологическом профиле обследованных с психическими отклонениями и практически здоровых лиц. В связи с этим выполняли сравнительную оценку преобразований экологических критериев, позволяющие изучить структура ценопита микрофлоры кишечника с применением метода количественных соотношений встречаемости отдельных типологических групп бактерий, используя индекс флористической значимости, провели изучение роли участия разных видов в структуре микробиоценоза с использованием показателя постоянства состава и частоты встречаемости. Индекс контагиозности позволил установить определенное распределение видов в пространстве и перераспределение их с учетом отводимых им свойствам в изучаемом биотопе.

Проведенный анализ микробиологического профиля кишечника лиц с психическими расстройствами показал, что ареал микрофлоры кишечника представлен различными микроорганизмами. Согласно данным Сытникова [15] известно, что представители микрофлоры кишечника выполняют различные функции в зависимости от их природы. При этом незначительная часть микроорганизмов, входящие в состав ценоза кишечника влияют на кишечную микрофлору толстого отдела, которые определяют сущность биоценологических процессов, составляющие основу исследуемой микрэкосистемы.

В рамках выполнения данного исследования на фоне определения структуры взаимоотношения симбиотических микроорганизмов рассчитывали индексы постоянства различных таксонов, которые формируют кишечную микрофлору пациентов, участвующих в эксперименте (контрольная и экспериментальная группы). В зависимости от полученных значений изучаемые таксоны разделяли на три группы: постоянные с индексом С более 50 %, добавочные с индексом С в пределах 25...50 % и случайные с индексом С менее 25 %. Индекс определения постоянства таксонов позволили установить ценопит кишечника у лиц обследуемых групп.

В микрофлоре кишечника людей с психическими расстройствами доминируют факультативные анаэроб-

ные бактерии р. *Bifidobacterium* (индекс постоянства С 85,4 %) и р. *Lactobacillus* (индекс постоянства С 77,4 %). На втором месте облигатные анаэробные бактериоиды с индексом постоянства на уровне 63,5 %. На третьем месте аэробные бактерии р. *Escherichia* с индексом постоянством на уровне 90,5 %. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Ценопит микробиологического профиля кишечника пациентов с психическими расстройствами

№	Ценопит кишечного микробиоценоза	Показатель постоянства (С), %
Доминирующие виды		
1	<i>Bifidobacterium</i>	85,4
2	<i>Lactobacilla</i>	77,4
3	<i>Escherichia</i>	90,5
4	<i>Bacteroides</i>	63,5
5	<i>Enteroides</i>	57,6
6	<i>Candida</i>	55,5
Добавочные виды		
1	<i>Staphylococcus</i>	48,9
2	<i>Proteus</i>	30,0
Транзиторные виды		
1	<i>Klebsiella</i>	20,4
2	<i>Clostridium</i>	19,0

В таблице 2 представлены величины индекса постоянства (С) представителей кишечной микрофлоры участников контрольной группы.

Таблица 2.

Ценопит микробиологического профиля кишечника лиц группы контроля

№	Ценопит кишечного микробиоценоза	Показатель постоянства (С), %
Доминирующие виды		
1	<i>Bifidobacterium</i>	100,0
2	<i>Lactobacilla</i>	100,0
3	<i>Escherichia</i>	100,0
4	<i>Bacteroides</i>	65,0
Добавочные виды		
1	<i>Candida</i>	27,5
Транзиторные виды		
1	Enterobacterales (условно-патогенные)	21,3
2	<i>Staphylococcus</i>	20,0
3	<i>Clostridium</i>	6,2

Для лиц контрольной группы по ценопитическому профилю распределения кишечной микрофлоры ха-

актерна аналогичная картина. В составе кишечной микрофлоры доминируют бактерии р. *Bifidobacterium* и р. *Lactobacilla*, р. *Escherichia* с индексом постоянства на уровне 100 %. Индекс постоянства для бактерий р. *Bacteroides* отмечен на уровне 65 %.

Для пациентов с психическими расстройствами в составе кишечной микрофлоры на фоне доминирующих микроорганизмов отмечается снижение индекса постоянства представителей нормальной микрофлоры, что связано с увеличением количества условно-патогенных микроорганизмов, а именно бактерии р. *Enterococcus* (индекс постоянства 57,6 %) и грибы р. *Candida* (индекс постоянства 55,5 %). При этом у лиц контрольной группы в составе доминирующих видов не обнаружены представители условно-патогенных микроорганизмов.

К доминирующим видам условно-патогенных микроорганизмов, выявленные у лиц страдающие психическими расстройствами, относятся бактерии р. *Enterococcus* с индексом постоянства на уровне 7,6 %. Необходимо отметить, что к доминирующим видам кишечной микрофлоры данной группы относятся грибы р. *Candida*, являющиеся постоянным сочленом микробиоценоза. При этом у лиц контрольной группы грибы р. *Candida* встречались в единичном количестве.

В структуре транзиторных видов отмечается изменение иерархии. Индекс постоянства для бактерий р. *Clostridium* увеличился с 6,2 % до 19,0 %. Установлено, что в составе транзиторной группы у пациентов страдающие нервными и психическими расстройствами отмечено появление бактерий р. *Klebsiella* с индексом постоянства 20,4 %.

Данные таблиц 1 и 2 свидетельствуют о том, что у лиц контрольной группы бактерии р. *Staphylococcus* относятся к транзиторной группе с индексом постоянства на уровне 20,0 %, при этом у пациентов с нервными и психическими расстройствами эти бактерии входят в состав добавочных видов с индексом постоянства на уровне 20,4 %.

Соответственно ценотип микробиологического профиля кишечника людей с нервными и психическими расстройствами формируется представителями полезной микрофлоры, а именно бактериями рр. *Bifidobacterium*, *Lactobacilla*, *Escherichia*, *Bacteroides*, *Enterococcus* и грибов р. *Candida*.

В случае выявления у лиц обследованной группы представителей резидентной микрофлоры (бактерии р. *Enterococcus* и грибов р. *Candida*) во взаимодействии с бактериями облигатной кишечной микрофлоры (бактерии рр. *Bifidobacterium*, *Lactobacilla*, *Escherichia* и *Bacteroides*) говорит о начальном этапе развития дис-

баланса кишечника, который проявляется увеличением частоты встречаемости представителей условно-патогенной микрофлоры кишечника, а именно бактерий *Enterococcus* и грибов р. *Candida*.

Микроорганизмы кишечной микрофлоры в естественных условиях обитают в виде сообществ, которые занимают определенную экологическую нишу и характеризуются экологическими взаимосвязями между собой.

В таблице 3 представлены расчетные величины коэффициента вариации, определенные на основе индекса контагиозности представителей кишечной микрофлоры [7].

Таблица 3.

Степень контагиозности основных представителей кишечной микрофлоры у лиц обследуемых групп

Микроорганизмы	Обследуемые	
	Пациенты с психическими расстройствами	Контроль
<i>Bifidobacterium</i>	2,3±0,3	0,7±0,85
<i>Lactobacilla</i>	2,5±0,2	0,9±0,3
<i>Escherichia</i>	1,9±0,2	0,9±0,4
<i>Bacteroides</i>	1,5±0,6	0,3±0,8
<i>Enterococcus</i>	0,6±0,2	0,9±0,2
Грибы р. <i>Candida</i>	0,7±0,3	1,3±0,7
<i>Clostridium</i>	0,3±0,2	0,5±0,1
<i>Staphylococcus</i>	0,4±0,2	0,8±0,7
<i>Proteus</i>	0,3±0,2	0,6±0,1
<i>Klebsiella</i>	0,2±0,7	0,5±0,7

Для лиц с признаками нервных и психических нарушений определено достоверное увеличение степени контагиозности бактерий р. *Bifidobacterium* до уровня 2,3±0,3 единиц на фоне контрольной группы (0,7±0,85 единиц) при $P \leq 0,05$. Степень контагиозности бактерий р. *Lactobacilla* составила 2,5±0,2 единицы, по сравнению с контрольной группой увеличилась в среднем 2,8 раза при $P \leq 0,05$. Степень контагиозности бактерий р. *Escherichia* (кишечная палочка) составила 1,9±0,2 единиц по отношению к контрольной группе увеличилась в среднем 2,1 раза при $P \leq 0,05$. При этом степень контагиозности для бактерий р. *Bacteroides* составила 1,5±0,6 единиц по сравнению с контрольной группой увеличилась в пять раз при $P \leq 0,05$.

В ходе выполненного эксперимента установлено уменьшение степени контагиозности для условно-патогенных микроорганизмов кишечной микрофлоры у лиц с нервными и психическими расстройствами. Так данный показатель для бактерий р. *Enterococcus* достигал

значение $0,6 \pm 0,2$ единиц, грибов р. *Candida* — $0,7 \pm 0,3$ единиц, а для *Staphylococcus* — $0,4 \pm 0,2$ единиц, при этом для лиц контрольной группы получены следующие значения $0,9 \pm 0,2$; $1,3 \pm 0,7$; $0,8 \pm 0,7$ единиц соответственно при $P \leq 0,05$.

Степень контагиозности бактерий р. *Clostridium* снизилась в 1,7 раза и составила $0,3 \pm 0,2$ единиц по сравнению с контрольной группой. Степень контагиозности бактерий р. *Klebsiella* снизилась в 2,5 раза и составила $0,2 \pm 0,7$ единиц. Для бактерий р. *Proteus* степень контагиозности у лиц с нервными и психическими расстройствами снизилась в два раза по отношению к контрольной группе. Полученные данные характеризуют взаимосвязь нарушений контагиозности представителей основных симбиотических бактерий кишечника (бактерии рр. *Bifidobacterium*, *Lactobacilla*, *Bacteroides* и *Escherichia*) с изменениями в психологическом состоянии людей.

При снижении степени контагиозности условно-патогенных микроорганизмов в кишечной микрофлоре пациентов с нервными и психическими расстройствами по сравнению с контрольной группой говорит о высвобождении экологических ниш, которые занимают транзиторные микроорганизмы, что приводит к уменьшению численности их представителей. Полученные данные определяют диспропорцию в соотношении горизонтальной структуре основных симбиотических микроорганизмов и представителей транзиторной группы.

Так как степень контагиозности не является эталонным биоценологическим отношением, следовательно, проведен расчет индекса флористической значимости, представляющий собой основу иерархической структуры микробиоценоза. Индекс флористической значимости рассчитан по методу Наткевичайте-Ивананускене [8]. Данный показатель выполняют оценку значимости представителей кишечной полезной микрофлоры и распространение условно-патогенных микроорганизмов среди участников эксперимента. Полученные данные представлены в таблице 4.

Данные представленные в таблице 4 свидетельствуют, что у участников контрольной группы наиболее значимы бактерии рр. *Bifidobacterium*, *Lactobacilla*, *Escherichia* и *Bacteroides*. Индекс флористической значимости для бактерий р. *Bifidobacterium* составил 25,2 %, бактерий р. *Lactobacilla* — 24,7 %, бактерий р. *Escherichia* — 22,6 % и бактерий р. *Bacteroides* — 23,4 %. Для людей страдающие нервными и психическими расстройствами отмечается снижение индекса флористической значимости для представителей облигатной кишечной микрофлоры. Так индекс флористической значимости для бактерий р. *Bifidobacterium* составил 15,4 %, у бактерий р. *Lactobacilla* — 14,0 %, у бактерий р. *Escherichia* — 20,2 % и у бактерий р. *Bacteroides* — 19,0 %. Это связано с умень-

шением численности облигатных кишечных микроорганизмов полезной микрофлоры и увеличения количество условно-патогенных представителей микрофлоры кишечника. В составе кишечной микрофлоры людей с психическими нарушениями отмечается увеличение численности условно-патогенных микроорганизмов. Так индекс флористической значимости для бактерий р. *Enterococcus* составил 23,4 %, грибов р. *Candida* — 16,8 %, а у бактерий р. *Proteus* — 10,6 %.

Таблица 4.

Флористическая значимость представителей кишечной микрофлоры у лиц участвующих в эксперименте

Микроорганизмы	Индекс флористической значимости (%)	
	Контрольная группа	Пациенты с психическими расстройствами
<i>Bifidobacterium</i>	25,2	15,4
<i>Lactobacilla</i>	24,7	14,0
<i>Escherichia</i>	22,6	20,2
<i>Bacteroides</i>	23,4	19,0
<i>Enterococcus</i>	11,9	23,4
<i>Proteus</i>	5,34	10,6
<i>Klebsiella</i>	4,34	9,03
Грибы р. <i>Candida</i>	9,88	16,8
<i>Staphylococcus</i>	1,45	5,62
<i>Clostridium</i>	2,85	8,76

В ходе выполненного исследование выполнен расчет индекса постоянства, степени контагиозности и индекса флористической значимости. Все эти показатели можно считать косвенными критериями оценки бактериальной обсемененности кишечника микроорганизмами, так как они оценивают разнообразные изменения в сообществах микроорганизмов.

В свою очередь расчет индекса видового разнообразия направлен на уточнения и дополнения картины количественной характеристики кишечной микрофлоры. Установлено высокое разнообразие кишечных бактерий у лиц, страдающих нервными и психическими расстройствами, по сравнению с лица контрольной группы. Данный показатель равен 8,45 для людей с нервными и психическими расстройствами, и 4,60 для лиц контрольной группы.

В ходе выполненного исследования проведено изучение экологических признаков ценотипического профиля кишечной микрофлоры людей, страдающих нервными и психическими расстройствами. Полученные результаты свидетельствуют о компенсированных качественных сдвигах в составе кишечной микрофлоры. Это связано с увеличением численности и распространенности микроорганизмов условно-патогенной

природы, а также снижения количества доминирующих видов симбиотических бактерий кишечника, к которым относятся бактерии рр. *Bifidobacterium*, *Lactobacilla*, *Escherichia* и *Bacteroides*. При этом выявлено, что в составе доминантных видов у людей с нервными и психическими расстройствами отмечены условно-патогенные грибы р. *Candida*, которые у лиц контрольной группы входят в состав добавочных видов.

Также характерны изменения в структуре транзиторной группы, так в нее составе увеличилось количество бактерий р. *Clostridium* и р. *Klebsiella*. В составе кишечной микрофлоры у людей, страдающих нервными психическими расстройствами, отмечают иерархические сдвиги в распространении бактерий р. *Staphylococcus*, которые входят в состав добавочных видов, при этом в контрольной группе эти бактерии относятся к транзиторной микрофлоре.

Соответственно, ценотипический профиль кишечной микрофлоры людей, страдающих нервными и пси-

хическими расстройствами представлен ассоциацией представителей полезных микроорганизмов, а именно бактерий рр. *Bifidobacterium*, *Lactobacilla*, *Escherichia* и *Bacteroides*, а также бактерии р. *Enterococcus* и грибы р. *Candida*, что свидетельствует о возникновении дисбаланса кишечной микрофлоры.

Таким образом, состояние микробиома обследованных участников исследования тесно связано с их психическим состоянием. Полученные результаты исследования являются перспективным направлением для изучения взаимосвязи между микробиотой и формированием нервно-психических расстройств. В данной работе не была изучена степень дисбиоза кишечника, а также не проведено сравнение качественных и количественных показателей видового состава со степенью дисбиотических нарушений в зависимости от вида заболеваний. Все это представляется интересным и может внести вклад в общее представление об нарушениях микробиологического профиля лиц с психическими расстройствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Микробиоценозы и здоровье человека / В.А. Алёшкин и др.; под ред. В.А. Алёшкина, С.С. Афанасьева, А.В. Караулова. — Москва: Династия, 2015. — 547 с.
2. Факторы патогенности оппортунистических энтеробактерий и их роль в развитии диареи. /А.Р. Мавзютов, В.М. Бондаренко, Н.Ю. Жеребцова и др. // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. — 2007. — № 1. — С. 89–96.
3. Бухарин О.В., Усвятцов Б.Я., Хлопко Ю.А. Медико-экологические аспекты микросимбиоза человека. Экология человека. 2010, (8): 28–31.
4. Современный взгляд на роль кишечного биоценоза при пищевой аллергии у детей и подходы к его коррекции / С.Г. Макарова, Т.Э. Боровик И.И. Балаболкин и др. // Вопросы современной педиатрии. — 2012. — № 1. С. 44–51.
5. Власов В.В. Микробный «орган» человека // Наука из первых рук. — 2014. — № 1 (55). — С. 32–34.
6. Микробиом кишечника человека и психическое здоровье: состояние проблемы / Ю.Б. Барыльник, А.А. Шульдяков, Н.В. Филиппова и др. // Российский психиатрический журнал. — 2015. — № 3. — С. 30–41.
7. Уиттекер Р.Х. Сообщества и экосистемы; сокр. пер. с англ. Б. М. Миркина, Г. С. Розенберга. — Москва: Прогресс, 1980. — 327 с.
8. Наткевичайте-Иванускене М.П. Количественные соотношения встречаемости и константности групп видов в растительных сообществах// Биол. Науки. — 1985. — № 8. — С. 63–68.
9. Ballongue J., Schumann C., Quignon P. Effects of lactulose and lactitol on colonic microflora and enzymatic activity Scandinavian // J. Gastroenterol. — 1997. — Vol. 32. — Suppl. 22. — P. 41–44.
10. Battersby A.J., Gibbons D.L. The gut mucosal immune system in the neonatal period // Pediatr. Allergy. Immunol. — 2013. — Vol. 24. — P. 414–421.
11. Bercik P., Denou E., Collins J. et al. The intestinal microbiota affect central levels of brain-derived neurotropic factor and behavior in mice // Gastroenterology. — 2011. — Vol. 141. — P. 599–609
12. Козловская Л.В., Мартынова М.А. Учебное пособие по клиническим лабораторным методам исследования. М.: Медицина, 1975. — 352 с.
13. The gut microbiome: an under-recognised contributor to the COVID-19 pandemic? / J.P. Segal, J.W.Y. Mak, B.H. Mullish // Therap Adv Gastroenterol. — 2020. — Vol. 13: 1756284820974914.
14. Gut microbiota composition reflects disease severity and dysfunctional immune responses in patients with COVID-19. / Y.K. Yeoh, T. Zuo, G. Lui, et al. // Gut. — 2021. — No 1 (11). — PP.1–9. doi 10.1136/gutjnl-2020-323020/
15. Сытник И.А. Заселение тонкой и толстой кишок детей раннего возраста стафилакокками в условиях стационара // Кишечные инфекции. Киев, 1989. — Вып. 2. — С. 97–101.

© Бугеро Нина Владимировна (bugero@mail.ru); Ильина Наталья Анатольевна (ilina@mail.ru);

Клионковский Александр Игоревич (klionkovskiy@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВОДНЫЕ МИКРОМИЦЕТЫ ПРИБРЕЖНОГО РАЙОНА ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

Иофина Ирина Викторовна

Научный сотрудник,
Институт озераедения РАН — ФИЦ РАН
irinaio@yandex.ru

AQUATIC FUNGI OF THE COASTAL REGION OF LAKE LADOGA

I. Iofina

Summary. Aquatic fungi represent a widespread group of hydrobionts and are natural components of aquatic biocenoses. At the coastal region of Lake Ladoga, 35 species of micromycetes belonging to 4 divisions *Oomycota*, *Chytridiomycota*, *Zygomycota* and *Ascomycota* (anamorphic genera) were isolated. The most common species belonged to the genera *Olpidium*, *Penicillium*, *Candida*, *Rhodotorula*, and the highest frequency of occurrence was also noted for representatives of these genera. At the observing stations located closer to the coast, the number of species and frequency of occurrence of opportunistic fungi (potentially pathogenic) increased. Cases of parasitism of aquatic micromycetes on planktonic algae and fungi have been established.

Keywords: aquatic fungi, number of micromycetes, coastal region of Lake Ladoga.

Аннотация. Водные грибы представляют широко распространенную группу гидробионтов и являются естественными компонентами водных биоценозов. В прибрежном районе Ладожского озера было выделено 35 видов микромицетов относящихся к 4 отделам *Oomycota*, *Chytridiomycota*, *Zygomycota* и *Ascomycota* (анаморфные роды). Наиболее распространенные виды принадлежали родам *Olpidium*, *Penicillium*, *Candida*, *Rhodotorula*, и для представителей этих родов также отмечена наибольшая частота встречаемости. На станциях, расположенных ближе к берегу число и частота встречаемости оппортунистических грибов (потенциально патогенных) увеличивалась. Установлены случаи паразитизма водных микромицетов на планктонных водорослях и грибах.

Ключевые слова: водные грибы, численность микромицетов, прибрежный район Ладожского озера.

Водные грибы являются гетеротрофными организмами. Они обладают высокими адаптационными способностями. В условиях антропогенного воздействия на водоем, они могут быть использованы в качестве индикаторов степени загрязнения водоема [1, 2, 3, 4].

Цель работы заключалась в определении общей численности, видового состава водных грибов и проведение экологического анализа в прибрежном районе Ладожского озера.

Материалы и методы исследования

Ладожское озеро крупнейший водоем Европы и подразделяется на несколько районов, существенно различающихся по многим лимническим показателям [5]. На основе морфометрического районирования в были выделены четыре лимнические зоны: прибрежная (глубины менее 15 метров), деклинальная (15–52 м), профундальная (52–89 м) и ультрапрофундальная (более 89 м) [6]. Прибрежный район находится под большим воздействием источников повышенной антропогенной нагрузки (промышленные, хозяйственно-бытовые стоки, речные притоки и активизация водного транспорта) [7].

Пробы отбирались в августе и октябре 2023 года в комплексных рейсах на научно-исследовательском



Рис. 1. Схема станций отбора проб в прибрежном районе Ладожского озера

судне «Эколог». Для выделения водных грибов был использован метод глубинного посева воды [8]. Объем пробы в опытах был 5 мл, использовалась агаризованная питательная среда Сабуро [ГОСТ 33566-2015]. С целью задержки роста бактерий среда подкислялась. Засеянные чашки Петри инкубировались в течение недели при температуре 18–24°C, выросшие колонии подсчитывались, а представителей отличающихся колоний отсеивали в пробирки со скошенным агаром того же состава [9]. Идентификация грибов осуществлялась согласно требованиям определителей Пидопличко [10], Lodder [11], Саттон [12], Хуг [13].

Результаты и их обсуждение

В прибрежном районе Ладожского озера выявлено 35 видов микромицетов из четырех отделов и 22 родов. Видовой состав широко представлен водными грибами отдела *Chytridiomycota* (род *Olpidium*) и факультативными водными грибами терригенного происхождения относящиеся к анаморфным грибам отдела *Ascomycota* (*Penicillium*, *Trichoderma*, *Alternaria*, *Candida*, *Torulopsis*, *Rhodotorula* и др.). Часто встречаемыми по акватории прибрежного района были виды: *Candida krusei* (Berhout), *Torulopsis candida* (Saito) Lodder, *Rhodotorula rubrum* (Schimon) F.C. Harrison, *Nouveau Traité Méd.*

Максимальным количеством видов был представлены роды *Olpidium* — 5 (в августе — 5, в октябре — 2), *Penicillium* — 5 (в августе — 5, в октябре — 3). Численность водных грибов колебалась от 2000 до 4000 диаспор в литре (при использовании метода посева) летом и от 1800 до 3800 д/л осенью в поверхностном слое воды.

Наиболее интенсивное развитие микопланктона в прибрежном районе происходит в бухтах Свирская, Волховская и Петрокрепостная. В каждой наблюдается высокий количественный и качественный состав, что очевидно связано с паводками, поступлением хозяйственно-бытовых стоков и вод притоков (рис. 2).

Видовой состав трех экотопов был сходен. В каждой бухте были выявлены случаи паразитирования, как на планктонных водорослях, так и на грибах. В Свирской губе выявлен *Olpidium allomycetos* Karling на грибах *Blastocladia ramose* Reinsch, *Olpidium entophyllum* (A.Br.) Schroet на видах *Trichoderma viride* Pers.

В Волховской губе на водорослях *Asterionella formosa* выделен паразитирующий *Rhizophidium planctonicum* Canter, *Olpidium entophyllum* (A.Br.) Schroet на водорослях рода *Fragilaria*. В Петрокрепостной губе отмечались эпи-

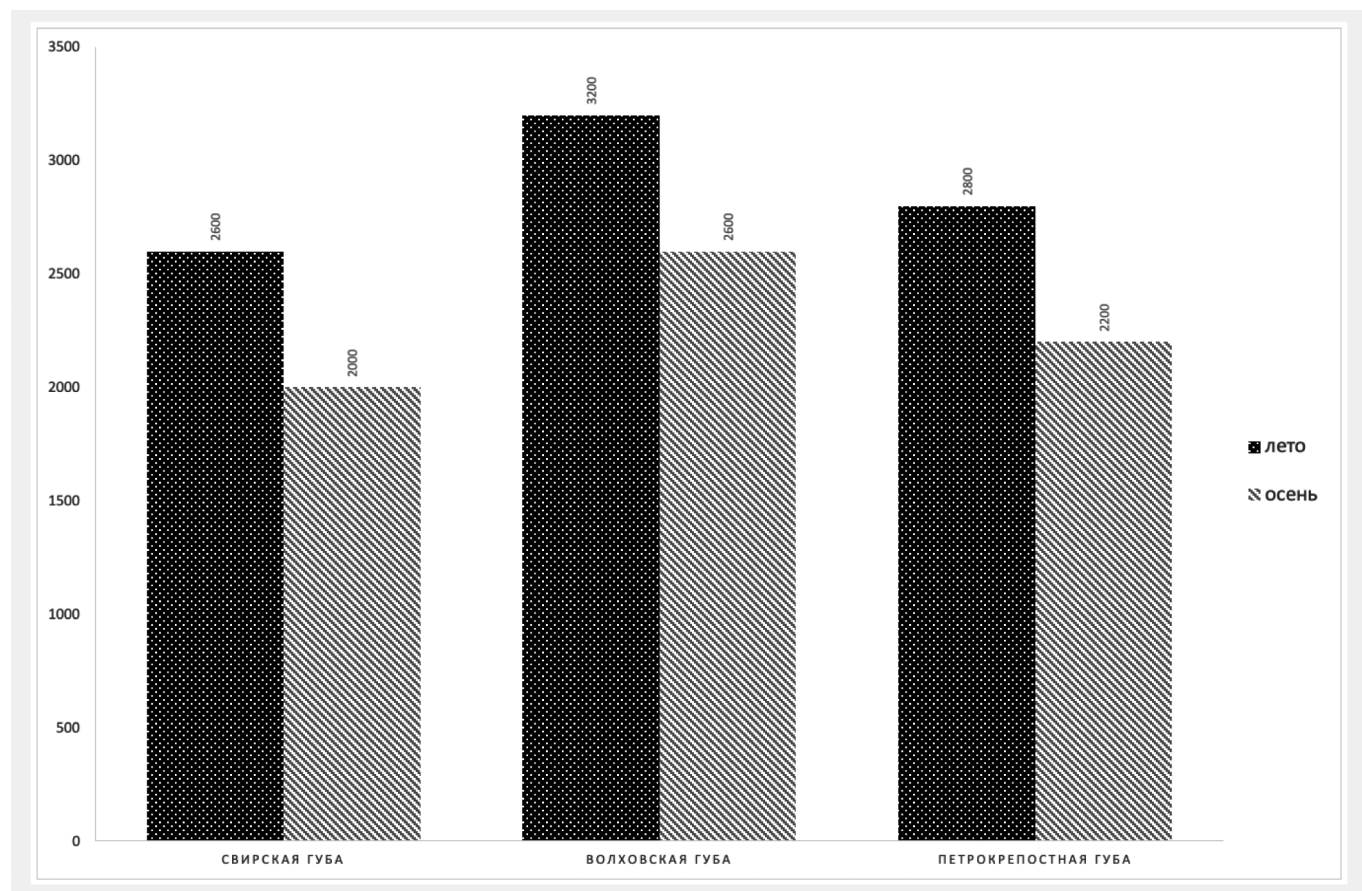


Рис. 2. Сравнительная численность водных грибов (д/л) в Свирской, Волховской и Петрокрепостной губах Ладожского озера в поверхностном слое воды летом и осенью

зоидические случаи паразитирования *Chytridium sp.* Braun на водорослях рода *Zygnema* и *Woronina polycystis* Cornu, на микромицетах *Saprolegnia ferax* Thuret. Паразитирование грибов было спорадическим и фиксировалось только в летний период при этом не оказывало влияние на состав и продуктивность фитопланктона.

При анализе воды прибрежного района были обнаружены потенциально патогенные терригенные виды (оппортунистические грибы) из родов *Mucor*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Penicillium* и *Candida* с максимальной встречаемостью в августе. Частота встречаемости и плотность оппортунистических микромицетов была выше на станциях, расположенных ближе к берегу.

Таким образом, видовой состав прибрежного района Ладожского озера представлен преимущественно факультативными водными грибами терригенного происхождения, было выделено 35 видов. На станциях, расположенных ближе к берегу число и частота встречаемости оппортунистических грибов (потенциально патогенных) увеличивалась. Установлены случаи паразитизма водных микромицетов на планктонных водорослях и грибах. Характеристики развития микромицетов могут выступать надежными критериями оценки экологического состояния водной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марфенина О.Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех, 2005. — 196 с.
2. Терехова В.А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем. М.: Наука, 2007. — 215 с.
3. Марфенина О.Е., Фомичева Г.М. Потенциально патогенные мицелиальные грибы в среде обитания. Современные тенденции // Микология сегодня / Ред. Ю.Т. Дьякова и Ю.В. Сергеева. М.: Нац. акад. микологии, 2007. — С. 235–266.
4. Копытина Н.И., Тарасюк И.В. Водные грибы пелагиали авандельты реки Дунай. // Мікробіологія і біотехнологія. 2010. №1. — С. 37–42.
5. Ладога / ред. В.А. Румянцев, С.А. Кондратьев. — СПб.: Нестор-История, 2013. — 468 с.
6. Курашов Е.А., Барбашова М.А., Дудакова Д.С., Капустина Л.Л., Митрукова Г.Г., Русанов А.Г., Алешина Д.Г., Иофина И.В., Протопопова Е.В., Родионова Н.В., Трифонова И.С. Экосистема Ладожского озера: современное состояние и тенденции ее изменения в конце XX — начале XXI века // Биосфера. 2018. Т. 10. № 2. — С. 66–121. — DOI:10.24855/BIOSFERA.V.1012.439
7. Иофина И.В. Современное состояние водной микофлоры Ладожского озера. //Российский журнал прикладной экологии. 2022. № 4. — С.77–83. — DOI:https://doi.org/10.24852/2411-7374.2022.4.77.83
8. Литвинов М.А., Дудка И.А. Методы исследования микроскопических грибов пресных и соленых (морских) водоемов. Л.: Наука, 1977. — 151 с.
9. Методы экспериментальной микологии / Ред. В.И. Билай. Киев: Наукова думка, 1973. — 241с.
10. Пидопличко Н.М., Милько А.А. Атлас мукокоральных грибов. Киев: Наукова думка, 1975. — 187 с.
11. Lodder J. The yeast. A taxonomic study. Amsterdam-London, 1970. — 658 p.
12. Саттон Д., Фотергил А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. М.: Мир, 2001.— 468 с.
13. De Hoog G.S., Guarro J., Gene J., Figueras M.J. Atlas of clinical fungi. 2nd edition. — Centraalbureau voor Schimmelcultures. 2000. — 1126 p.

© Иофина Ирина Викторовна (irinaio@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ТКАНЕВОЙ ИНЖЕНЕРИИ, КАК ОДИН ИЗ ПУТЕЙ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ

Фещенко Диана Ивановна

Московская государственная академия ветеринарной
медицины и биотехнологии имени К.И. Скрябина

Фещенко Александр Александрович

Российский национальный исследовательский
медицинский университет имени Н.И. Пирогова

Вerezубова Наталья Афанасьевна

Кандидат экономических наук, доцент,
Московская государственная академия ветеринарной
медицины и биотехнологии имени К.И. Скрябина
nvezub@mail.ru

SOLVING THE PROBLEMS OF TISSUE ENGINEERING AS ONE OF THE WAYS TO INCREASE LIFE EXPECTANCY

**D. Feschenko
A. Feschenko
N. Verezubova**

Summary. Tissue engineering is a promising area of medicine, which consists in the development and cultivation of cell populations that can replace damaged human tissues or diseased organs. Growing large populations of cells is a functionally difficult process that requires resolving contradictions at the molecular level. Differentiated cells have limited replicative potential because of multiple mitotic division and approaching the Hayflick limit. It would seem that bypassing the limit and removing restrictions can be a solution to the problem, but such "cellular immortality" is more likely to entail malignant cell degeneration. The article highlights the problems of tissue engineering, as well as the current state of research in this field.

Keywords: tissue engineering, replicative potential, Hayflick limit, carcinogenesis, telomerase, biomaterials.

Аннотация. Тканевая инженерия — многообещающее направление медицины, заключающееся в разработке и культивировании популяций клеток, которые могут стать заменой поврежденным тканям человека или больным органам. Выращивание больших популяций клеток функционально затруднительный процесс, требующий разрешения противоречий на молекулярном уровне. Дифференцировавшиеся клетки обладают ограниченным репликативным потенциалом в следствие многократного митотического деления и приближению к пределу Хейфлика. Казалось бы, обход предела и снятие ограничений может стать решением проблемы, но такое «клеточное бессмертие» с большей долей вероятности влечет за собой злокачественное перерождение клеток. В статье освещаются проблемы тканевой инженерии, а также текущее состояние исследований в этой области.

Ключевые слова: тканевая инженерия, репликативный потенциал, предел Хейфлика, канцерогенез, теломераза, биоматериалы.

Введение

Тканевая инженерия является одним из самых инновационных направлений регенеративной медицины. Её главной целью является создание из культур клеток тканей или даже целых органов, а перспективы развития непременно связаны с решением проблемы гистосовместимости при трансплантации органов и моделированием и дальнейшем предвидении канцерогенеза [1, с. 269]. Тканевая инженерия пользуется методами культивирования тканей, разработки трехмерных биоматрикс, 3D-биопринтингом и некоторыми другими.

Для правильного функционирования тканей необходимо большое количество клеток, которые будут долгое время работать слаженно и не иметь генетических дефектов [2, с. 500]. Но срок службы дифференцировавшихся клеток ограничен «митотическими часами», что является первой весомой проблемой тканевой инженерии. Второй проблемой, которая, как ни странно,

вытекает из возможного решения первой, есть риск злокачественного перерождения клеток и их дальнейший неконтролируемый рост [2, с. 508–512]. Это открывает возможности для образования злокачественной опухоли. Используя современные возможности моделирования и 3D-биопринтинга, осуществимо изучение развития таких клеток, предвидение их образования и способов лечения. На данный момент человечеству известна «бессмертная» клеточная популяция HeLa. Её активно используют в изучении биологии и фармакологии. Клетки HeLa способны к потенциально бесконечному числу митотических делений за счёт выработки фермента теломеразы. Теломераза — возможный ключ к «клеточному бессмертию» [3].

Кроме того, немаловажную роль в тканевой инженерии играют носители клеток. Носители клеток, или, тканеинженерные конструкции (ТИК), могут быть двух видов: имплантаты из «нежизнеспособных» биологических тканей (например, биопротезы клапанов сердца) и системы, состоящие из биостабильного матрикса или

активных стволовых клетки. Они предоставляют условия для тканей или являются заменителем жизненно важного компонента органа [4].

Итак, тканевая инженерия — инновационный подход к преодолению пропасти между клиническими потребностями и созданными *in vitro* органами и тканями, а также один из путей изучения и лечения рака. Однако это направление медицины включает в себя множество биологических вопросов, часть возможных решений которых будут представлены в данной статье.

Теломераза и Предел Хейфлика

Теломеры — это концевые участки хромосом, не несущие генетической информации. Благодаря белковому комплексу шелтерину они защищены от механизмов репарации ДНК и его ферментов: ДНК-фотолиазы, ДНК-N-гликозидазы, ДНК-инсертасы, эндонуклеазы, ДНК-зависимой ДНК-полимеразы, ДНК-лигазы. Главная функция теломер — защита генетического материала от деградации. Они довольно стабильны и остаются неизменными даже при критическом изменении генетического аппарата.

Необходимость в теломерах вызывает проблема синтеза концов при репликации ДНК. После завершения процессов удвоения полинуклеотидной цепи, удаляется концевой праймер (или РНК-затравка, которая позволяла ДНК-полимеразе во время дупликации достраивать дочернюю цепь) из-за чего 5' концы отстающей цепи остаются недореплецированными. Образуется пробел в нити ДНК, который и заполняется повторяющейся последовательностью нуклеотидов. У позвоночных данная последовательность — TTAGGG. Теломеры в свою очередь синтезируются специальным ферментом теломеразой. Теломераза — это рибонуклеопротеин, несущий свою собственную молекулу РНК, которая используется в качестве матрицы для достраивания цепи ДНК.

В норме теломераза не активна в большинстве соматических клеток. Когда теломеры укорачиваются до критической длины, в клетке активируется ген P-53 и запускается программа апоптоза. Экспрессия гена теломеразы наблюдается в гаметях, клетках эмбриона и в раковых клетках. Такие клетки могут делиться потенциально бесконечное количество раз, так как теломераза постоянно достраивает теломеры хромосом. Казалось бы, вот он, ключ к клеточному бессмертию, однако бесконтрольное и непрерывающееся деление рано или поздно приводит к канцерогенезу. Такие клетки будут делиться и мутировать до тех пор, пока соблюдаются условия их существования. Прекрасным примером «бессмертных» линий является линия онкоклеток HeLa. Она была получена из рака шейки матки в феврале 1951 года у Генриеты Лакс. Данные клетки активно пролифериру-

ют и по сей день, давая тонны биологического материала для экспериментов.

Путь к образованию раковых клеток — теломераза, её активация порождает целый комплекс нарушений [4]. В частности, главные из них: мутации во время деления, нарушение цикла белка апоптоза, активация протоонкогенов.

В норме у большинства клеток организма длина теломер укорачивается примерно на 120 пар оснований за одно деление. Таких делений в соматической клетке может составлять от 20 до 90 раз (рис. 1).

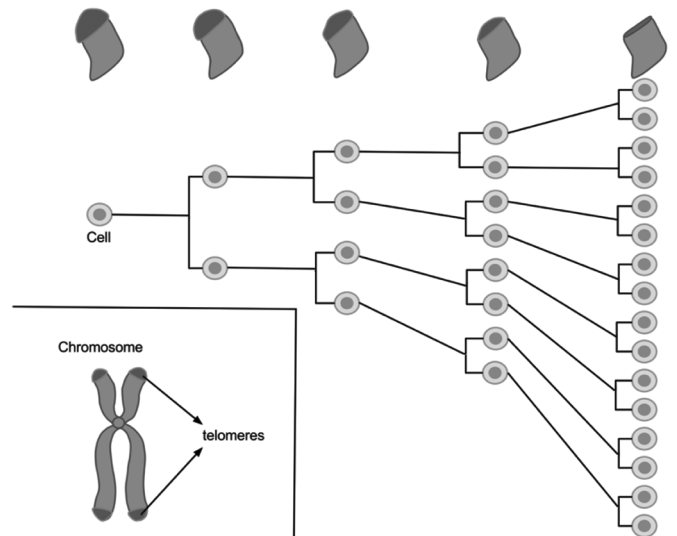


Рис. 1. Схема деления нормальной клетки человека. На схеме в левом нижнем углу так же показана хромосома и расплoженные на её концах теломеры (выделены темно-серым)

Лимит, до которого клетка будет делиться, называется пределом Хейфлика. Продолжительность жизни вида вероятнее всего зависит от максимального числа клеточных делений, хоть до конца этот вопрос остается неразрешенным. Но точно можно сказать, что более длинные теломеры являются прогностическим фактором долголетия [5].

Таким образом, инактивированная теломераза не замок на двери бессмертия, а необходимый защитный элемент, ограничивающий наши клетки от злокачественного перерождения. В свою очередь, укорочение теломер — это регулятор клеточной пролиферации, поддерживающий уровень делящихся и стареющих клеток. Кроме того, теломеры, синтезированные теломеразой, играют принципиально важную роль не только в реализации генетической информации, но и в жизнедеятельности клетки в целом: они фиксируют хромосомы на ядерной ламине, препятствуют деградации ДНК и служат механизмом, контролирующим число делений клетки и ее запрограммированную гибель [6].

Универсальный маркер онкологических процессов

Иммортализация — процесс, позволяющий клеткам делиться бесконечное количество раз, причем программа апоптоза в таких клетках не активируется из-за возникших мутаций. Любая клетка прежде, чем переродиться в злокачественную, должна пройти иммортализацию. Условное перерождение можно представить следующей цепочкой событие: активация теломеразы — иммортализация — опухоль (рис. 2).

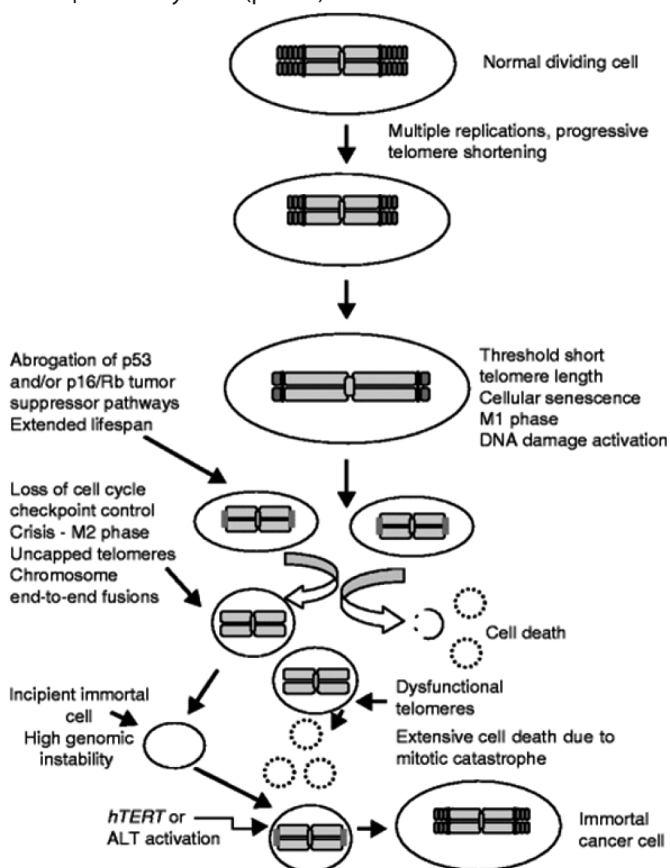


Рис. 2. Превращение нормальной клетки в опухолевую

Активность теломеразы является универсальным маркером канцерогенеза. Изучение этой активности и совершенствование методов её обнаружения может стать решающими аспектами в вопросе ранней диагностики рака [6].

Тканевая инженерия стремится к преодолению лимита Хейфлика и снижению рисков канцерогенеза для более успешного культивирования большого количества клеток. Моделирование — один из методов, благодаря которым данное направление медицины может без затраты большого количества ресурсов и опытов над животными изучать поведение клеточных линий в определенных условиях.

Сопутствующим моделированию методом тканевой инженерии так же является 3D-биопринтинг. Это отно-

сительно новая технология, позволяющая изготавливать биологические конструкции путем размещения клеток на биосовместимой поверхности. У 3D-биопринтинга в недалеком будущем есть все шансы стать важным компонентом в сложной системе выращивания органов. Выращенные органы могут быть использованы в том числе и для изучения поведения раковых клеток в «естественной» среде.

Теломеразная терапия и опрос у разных групп населения

Активация теломеразы наблюдается в 90 % раковых клеток. На основе данной статистики можно говорить о ключевой роли теломеразы в митотическом бессмертии опухоли. В таком случае, разумно использовать средства ингибирования фермента «бессмертия». Однако стоит учесть небольшую оговорку: некоторые опухоли используют механизм альтернативного сохранения теломер (ALT — alternative lengthening of telomeres). Этот механизм не до конца изучен. Исследования в данной области активно ведутся в настоящее время [7, 8].

С раковыми опухолями очень тяжело бороться, так как иммунная система организма их не опознаёт как чужеродные [8]. В том числе и поэтому теломераза стала главной мишенью для исследований борьбы с раком из-за её экспрессивности почти во всех видах рака. Эта мишень довольно удобна, так как соматические клетки организма имеют иную длину теломер и менее активную теломеразу по сравнению с злокачественными. Таким образом была предложена теломеразно-таргетная терапия. Её основным способом является избирательный апоптоз раковых клеток при минимальном затрагивании нормальных клеток. Было создано многочисленное количество вакцин, антисмысловых олигонуклеотидов и низкомолекулярных ингибиторов, нацеленных на гены, кодирующие определенные подъединицы теломеразы [9]. Однако успешных клинических испытаний данные способы ещё не прошли, так как клинические испытания с ингибиторами теломеразы показали, что теломераза является прекрасной мишенью, но промежуток времени между введением препарата и клиническим ответом большой. Из-за этого пациенты подвержены тяжелой интоксикации [9]. Тестирование ингибиторов теломеразы на людях и животных крайне жестоко и негуманно. И так как тканевая инженерия близка с лечением онкологии не только своими проблемами, но и целями, целесообразно выращивать ткани и органы человека или животного, которые в будущем можно подвергнуть испытанию ингибиторов [10].

Был проведен опрос среди людей разных возрастов и профессиональной принадлежности. Выборка составила 50 человек. В опросе участвовали студенты МГАВ-МиБ — МВА имени К.И. Скрябина и РНИМУ им. Пирогова,

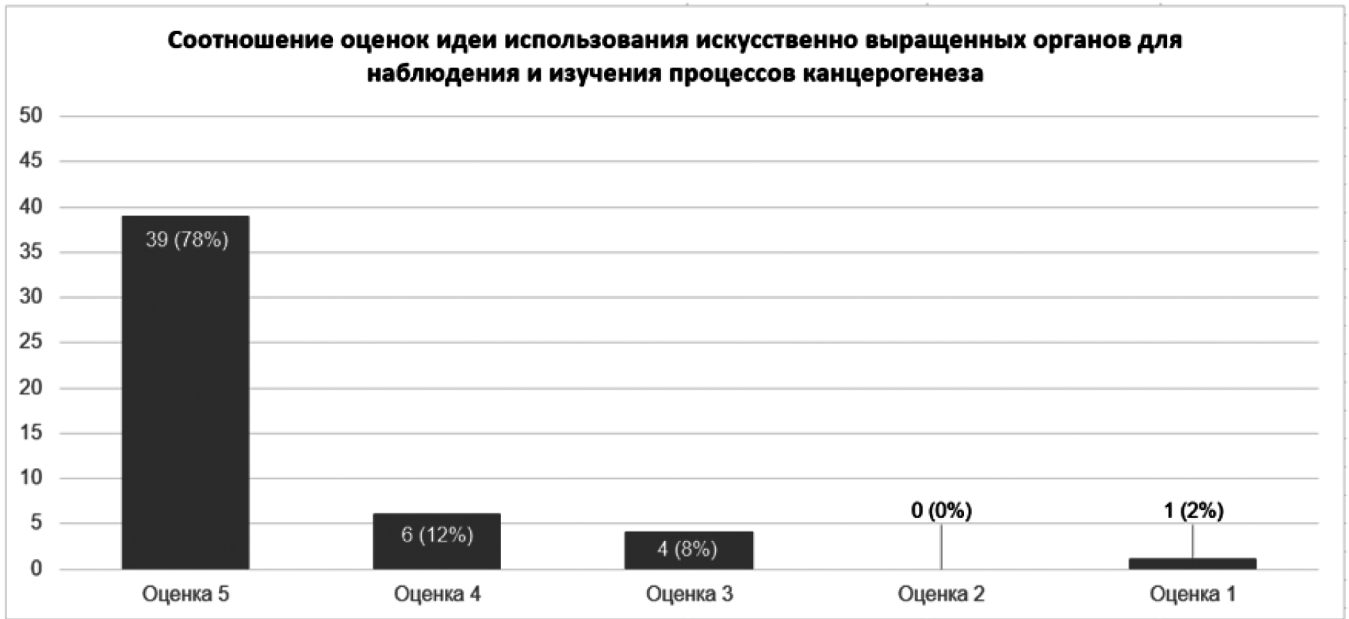


Рис. 3. Оценка идеи использования искусственно выращенных органов в вопросах по изучению рака

а также биологи со стажем и люди, не относящиеся к науке. Целью опроса стояло собрать данные о готовности людей из разных сфер жизни испробовать на себе в будущем возможности тканевой инженерии и оценки использования выращенных *in vitro* органов и тканей.

На вопрос «Средняя продолжительность жизни в мире составляет 67 лет. Хотели бы вы прожить дольше?» 82 % респондентов ответили положительно. От 18 % последовал ответ «нет».

На вопрос «Готовы были бы вы в старости пересадить новый орган взамен изношенному?» 76 % респондентов ответили «Да». Остальная часть ответила отрицательно.

Вопрос «Пугают ли вас онкологические заболевания?» получил 68 % ответов «да» и 32 % «нет».

О существовании теломеразной терапии слышали только 34 % людей. Вероятно, в эту выборку попали люди из высших учебных заведений, чья деятельность так или иначе относится к биологии.

Оценка идеи использования искусственно выращенных органов для наблюдения и изучения процессов канцерогенеза (перерождение клетки в злокачественную версию и её дальнейшее развитие в опухоль) получило следующую диаграмму (рис. 3).

Проведём оценку идею использования искусственно выращенных органов для наблюдения и изучения про-

цессов канцерогенеза (перерождение клетки в злокачественную версию и её дальнейшее развитие в опухоль):

На основе полученных данных можно сделать вывод, что людьми разных профессиональных принадлежностей хорошо воспринята идея использования искусственно выращенных органов для наблюдения за поведением раковых клеток. Вероятно, это вызвано тем, что определенная доля респондентов боится раковых заболеваний и ставит перед собой цель прожить дольше 67 лет.

Выводы

Решение проблем тканевой инженерии тесно связано с увлечением продолжительности жизни человека и лечением рака. В последние годы ситуация с изучением теломер и раковых клеток сильно улучшилась. Изучения проводятся широко и дают свои плоды, несмотря на ограничения в использовании ингибиторов. Развитие тканевой инженерии и более глубокие исследования механизмов работы теломеразы дадут ощутимый толчок для дальнейшей прогрессивной борьбы с раковыми клетками. Опрос показал, что большая часть людей открыта к этому развитию. Последнее слово остается за наукой. Её первостепенной целью является разработка таких ингибиторов, которые не станут влиять на нормальные клетки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биология Том 3 / Д. Тейлор, Н. Грин, У. Стаут, под ред. Р. Сопера. — пер. 3-го англ. изд. — 11-издание. — Москва: Лаборатория знаний, 2019. — №2.
2. Нил А., Кэмпбелл Биология Том 1 / Кэмпбелл Нил А., Рис Джейн Б. — Сан-Франциско: Бенджамин Каммингс, 2002. — 1247 с.
3. Страйер Л. Биохимия в 3 томах / Л. Страйер. — Москва: Мир, 1984. — 138 с.
4. Севастьянов В.И. Технологии тканевой инженерии и регенеративной медицины [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://journal.transpl.ru/vtio/article/viewFile/452/397>
5. Josh Clark Will the Hayflick limit keep us from living forever? [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://science.howstuffworks.com/life/genetic/hayflick-limit.htm>
6. Ростовский Государственный Медицинский Университет Программируемая гибель клеток. Теломераза и теломеры. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://studfile.net/preview/16685513/>
7. Thomas Petersen Cellular Lifespan and Regenerative Medicine [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2706083/#R47>
8. Mohammad A. Jafri, Shakeel A. Ansari, Mohammed H. Alqahtani & Jerry W. Shay Roles of telomeres and telomerase in cancer, and advances in telomerase-targeted therapies [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://genomemedicine.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13073-016-0324-x#Sec9>
9. Mary-Lou Pardue¹ and P.G. DeBaryshe Retrotransposons that maintain chromosome ends [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3251079/>
10. Nuno M.V. Gomes, Oliver A. Ryder, Marlys L. Houck, Suellen J. Charter, William Walker,1, Nicholas R. Forsyth, Steven N. Austad, Chris Venditt, Mark Pagel, Jerry W Shay and Woodring E. Wright Comparative biology of mammalian telomeres: hypotheses on ancestral states and the roles of telomeres in longevity determination [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3387546/>

© Фещенко Диана Ивановна; Фещенко Александр Александрович; Вerezубова Наталья Афанасьевна (nverez@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

MODELING OF EDUCATIONAL TRAJECTORIES USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

**E. Akhmetshina
N. Ponomarev
A. Abdyusheva**

Summary. The aim of the research is to study and create an educational application that uses artificial intelligence tools and analysis of the digital footprint of students in order to increase the effectiveness and personalization of learning.

A comparison of human cognitive abilities and artificial intelligence was carried out as part of the test tasks. The purpose of the experiment was to establish the effectiveness and accuracy of both methods of knowledge verification. Also, to confirm the hypothesis of adaptive learning, an application was developed using machine learning and artificial intelligence algorithms to improve students' professional skills.

Keywords: individual learning, artificial intelligence, learning methods, neural networks, mobile application, application architecture.

Ахметшина Элина Ильнуровна

Ассистент, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Салават
el.akhmetshina55@gmail.com

Пономарёв Никита Александрович

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Салават
nathan_drake1382@mail.ru

Абдюшева Алёна Денисовна

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Салават
alenaabduseva01@gmail.com

Аннотация. Целью исследования является изучение и создание образовательного приложения, которое использует инструменты искусственного интеллекта и анализа цифрового следа студентов с целью увеличения эффективности и персонализации обучения.

Было проведено сравнение когнитивных способностей человека и искусственного интеллекта в рамках выполнения тестовых заданий. Целью эксперимента было установление эффективности и точности обоих методов проверки знаний. Также для подтверждения гипотезы адаптивного обучения было разработано приложение с применением алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта для повышения профессиональных навыков студентов.

Ключевые слова: индивидуальное обучение, искусственный интеллект, методы обучения, нейронные сети, мобильное приложение, архитектура приложения.

На сегодняшний день образование сталкивается с рядом сложных задач, связанных с адаптацией к разнообразным стилям обучения и потребностям студентов. Сфера образования, как важный компонент социокультурной деятельности, неизбежно подвергается воздействию современных технологических инноваций, в частности, искусственного интеллекта (ИИ) [2]. Центральным элементом внедрения ИИ в образование является анализ данных. Методы обработки больших объемов данных из разных источников позволяют выявлять закономерности и зависимости, улучшая процессы принятия решений и обеспечивая информацией для оптимизации образовательных систем [6].

Чтобы проверить эту гипотезу, в настоящем исследовании проводилось сравнение когнитивных способностей человека и искусственного интеллекта в рамках выполнения тестовых заданий. Цель эксперимента — установление эффективности и точности обоих методов проверки знаний.

Пяти испытуемым было предложено проверить и интерпретировать результаты тестирования на профессиональные навыки, включающее 100 вопросов. Длительность выполнения и точность интерпретации были зафиксированы. Кроме того, эти параметры были анализированы для искусственного интеллекта, обученного выполнению тех же тестов.

Человеческие испытуемые демонстрировали вариативные результаты в обработке тестов, отмечаясь временем выполнения от 25 до 40 минут. Точность ответов колебалась от 82 % до 90 %, и предоставлялись субъективные оценки.

В сравнении, искусственный интеллект успешно обработал 100 вопросов за 5 минут, обеспечив точность на уровне 95 % и предоставив объективные результаты, минимизируя субъективные предпочтения. У искусственного интеллекта также выявлен потенциал для улучшения с дополнительным обучением.

Результаты проведения опыта приведены в таблице 1:

Таблица 1.

Результаты эксперимента.

Критерии	Испытуемые	
	Человек	Искусственный интеллект
Скорость обработки	от 25 до 45 минут	5 минут
Консистентность	от 82 % до 90 %	95 %
Объективность	Не объективны	Объективен
Улучшение с опытом	Относительно	Есть потенциал
Склонность к ошибкам	от 4 % до 8 %	< 1 %

Эксперимент подтвердил, что искусственный интеллект обладает выдающейся эффективностью в интерпретации результатов тестирования знаний. Его высокая

точность, скорость и объективность представляют значительный потенциал для применения в данной области. Однако, вмешательство человека также несет свои преимущества, такие как возможность к улучшению с опытом и более гибкая склонность к оценке.

Поэтому, оптимальный подход может предусматривать симбиоз искусственного интеллекта и человеческой экспертизы для достижения оптимальных результатов в процессе проверки знаний [1].

Модель нейронной сети, которая использовалась для проведения опыта, является частью программного приложения, разработанного с целью повышения профессиональных навыков студентов.

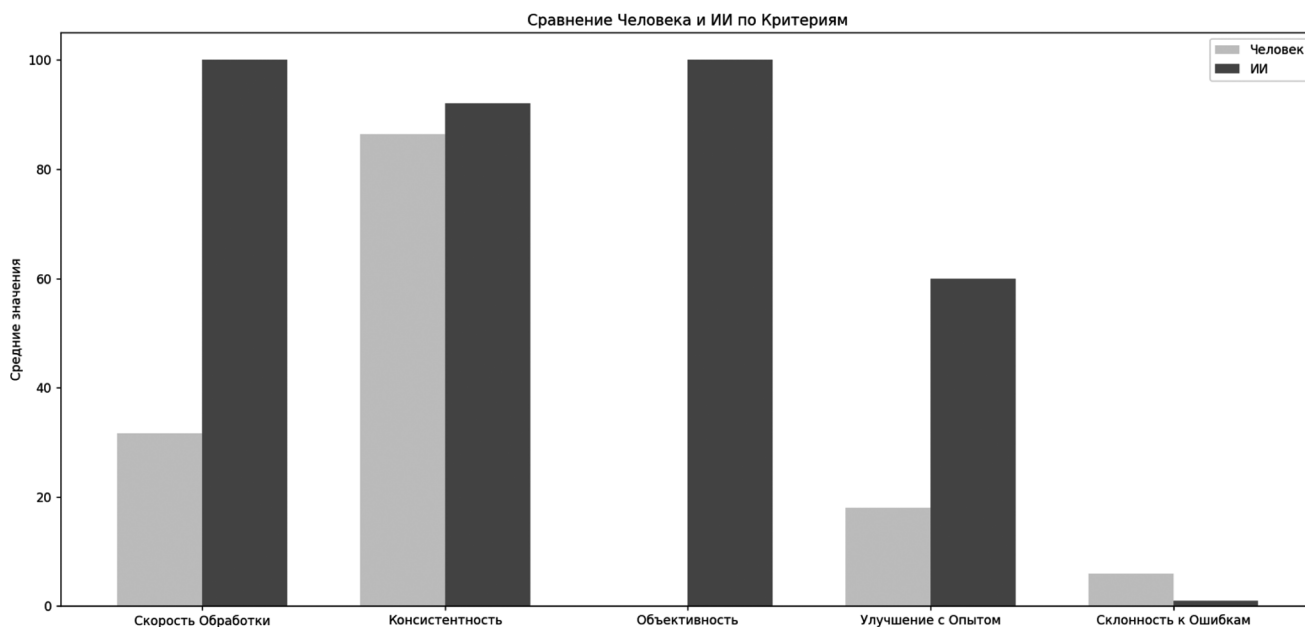


Рис. 1. Результаты исследования эффективности ИИ в сравнении с человеком

2 слой обучения и адаптации

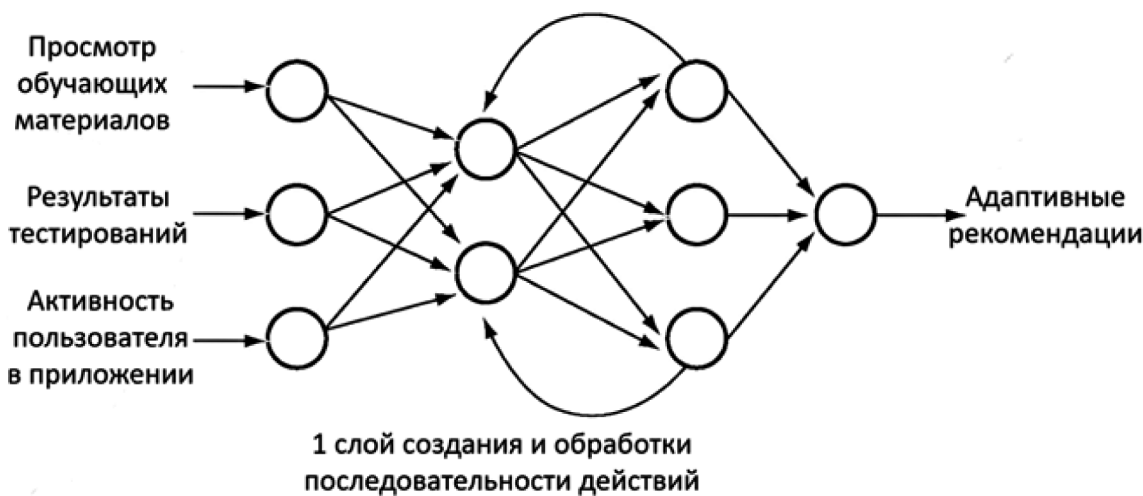


Рис. 2. Архитектура рекуррентной нейронной сети

Суть решения заключается в написании рекуррентной нейронной сети (РНН) для образовательного приложения. Ее работа заключается в анализе последовательных действий студентов, предоставлении персонализированных рекомендаций на основе их поведения и контекста во времени. Она учитывает действия студента, извлекает контекст и обучается на его прогрессе. На вход принимаются действия студента в приложении, такие как просмотр определенных материалов, ответы на вопросы и активность в образовательных модулях.

Важной особенностью РНН является способность извлекать контекст из прошлых действий студента. Например, модель может учесть, какие темы студент уже прошел, и предложить соответствующие курсы или материалы. Таким образом, модель может предложить следующий шаг в обучении, учитывая предыдущие действия и цели студента [3].

Для стабильной работы приложения необходимы следующие ключевые компоненты его архитектуры:

1. Клиентская часть (Frontend).

Клиентская часть приложения предоставляет удобный и интуитивно понятный интерфейс для пользователей, позволяя им эффективно учиться и следить за своим прогрессом. Взаимодействие между клиентом и сервером позволяет пользователям получать персонализированный опыт обучения, что способствует лучшему усвоению материала и достижению образовательных целей.

Мобильное приложение — это основное средство взаимодействия пользователей с системой [5]. Пользователи могут выбирать предметы или курсы для изучения. Приложение предоставляет доступ к теоретическому материалу, видеоурокам и статьям. Это также включает в себя задания, тесты и упражнения.

Приложение может отправлять уведомления пользователям, напоминая о предстоящих заданиях, целях и достижениях. Это помогает поддерживать мотивацию пользователя и следить за обучением. Пользователи могут видеть свой прогресс, результаты тестов, оценки и статистику. Это также обеспечивает прозрачность и мотивирует пользователей к достижению своих образовательных целей.

2. Серверная часть (Backend).

Серверная часть архитектуры приложения для индивидуального обучения с использованием искусственного интеллекта (ИИ) имеет важное значение в обеспечении функциональности, безопасности и эффективности

системы. Она представляет собой центральный узел, обрабатывающий данные, предоставляющий сервисы и взаимодействующий с клиентскими приложениями на мобильных устройствах пользователей.

Сервер хостит web-сервисы, предоставляющие API для взаимодействия с мобильными клиентами. API обеспечивает доступ к функциональности приложения, такой как регистрация и аутентификация пользователей, управление учебными материалами, обработка и анализ результатов тестов.

Также серверная часть включает в себя систему управления учебным материалом: инструменты для загрузки, хранения и управления образовательными материалами. Это может включать в себя текстовые материалы, видео, интерактивные задания и тесты.

3. База данных: данные пользователя и данные приложения должны храниться в базе данных. Нормализация базы данных и оптимизация запросов играют важную роль [4]. Здесь хранится информация о пользователях, учебных материалах, тестах и прогрессе каждого учащегося. Анализ этих данных позволяет ИИ формировать индивидуальные образовательные пути, оптимизированные под конкретного пользователя. Сервер взаимодействует с базой данных для извлечения и обновления информации, необходимой для персонализации обучения.

4. Аутентификация и авторизация: пользователи должны иметь возможность входа в приложение. Этот модуль позволяет пользователям создавать аккаунты, аутентифицироваться через различные методы (например, Вконтакте или собственная регистрация), восстанавливать пароли и управлять своими профилями.

Система обучения на основе ИИ стремится адаптировать контент и методику обучения для каждого учащегося с учетом его индивидуальных потребностей и способностей.

Данный подход к созданию приложения направлен на создание оптимальной образовательной среды, которая обеспечивает более эффективное и индивидуализированное обучение. Путем анализа поведенческих данных и применения алгоритмов ИИ, система предлагает оптимальные стратегии обучения, что способствует более глубокому усвоению материала и повышению образовательного опыта.

Благодаря проведенному опыту можно сделать вывод, что искусственный интеллект обладает высокой точностью и способностью обработки больших объемов информации в короткие сроки. Эти характеристики позволяют предположить, что использование искусствен-

ного интеллекта в адаптивном обучении может быть весьма перспективным.

В совокупности с этим, созданное образовательное приложение, свидетельствует о том, что использование искусственного интеллекта в образовании может

переосмыслить учебный процесс, обеспечив персонализацию обучения и повышение его эффективности. Эти инновации могут способствовать созданию гибких систем образования, адаптированных к потребностям различных учащихся и способствующих их успешному обучению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Даггэн, С. Искусственный интеллект в образовании: изменение темпов обучения. Аналитическая записка ИИТО ЮНЕСКО / ред. С.Ю. Князева. М.: Институт ЮНЕСКО по информационным технологиям в образовании, 2020
2. Лапыгин, Ю.Н. Методы активного обучения: Учебник и практикум / Ю.Н. Лапыгин. — Люберцы: Юрайт, 2016. — 248 с.
3. Паскова, А.А. Технологии искусственного интеллекта в персонализации электронного обучения // Вестник Майкопского государственного технологического университета. 2019. № 3/42. С. 113–122
4. Рудикова, Л.В. Базы данных. Разработка приложений / Л.В. Рудикова. — СПб.: ВНУ, 2006. — 496 с.
5. Советов, Б.Я. Методы и средства проектирования информационных систем и технологий: Учебник / Б.Я. Советов. — М.: Academia, 2015. — 624 с.
6. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. — М.: Диалектика, 2019. — 1104 с.

© Ахметшина Элина Ильнуровна (el.akhmetshina55@gmail.com); Пономарёв Никита Александрович (nathan_drake1382@mail.ru);
Абдюшева Алёна Денисовна (alenaabduseva01@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОЦЕНКА АКТУАЛЬНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СФЕРЕ

Бикбулатов Радмир Ильдарович

Казанский Государственный
Энергетический Университет
bikbulatov7777@mail.ru

Борисова Ольга Владимировна

Кандидат технических наук, доцент, Казанский
Государственный Энергетический Университет
vladimirovna@mail.ru

ASSESSMENT OF RELEVANCE AND EFFECTIVENESS USE OF INTELLIGENT SYSTEMS IN THE LOGISTICS SECTOR

**R. Bikbulatov
O. Borisova**

Summary. In Russia, huge spaces separate producers of various products and consumers from each other. Therefore, the development of logistics companies and the use of their services is relevant in our country. However, a significant increase in the number of goods transported actualizes the problem associated with the need to improve the quality and efficiency of logistics companies. The purpose of the current article is to assess the relevance and effectiveness of solving these tasks in logistics based on the use of intelligent systems. The scientific value of the article consists in an attempt to systematize knowledge regarding the issue of improving the key parameters of the work of logistics companies through innovative technologies. The materials of the article may have practical significance and be useful for the management of modern logistics enterprises pursuing the goal of improving the key performance indicators of their enterprises.

Keywords: Intelligent system, logistics, automation, rationalization, transport infrastructure, optimization of work.

Аннотация. В России огромные пространства разделяют производителей различной продукции и потребителей друг от друга. Поэтому в нашей стране актуально развитие логистических компаний и пользование их услугами. Однако значительное повышение числа перевозимых товаров актуализирует проблему, связанную с необходимостью повышения качества и эффективности работы логистических компаний. Цель текущей статьи заключается в проведении оценки актуальности и эффективности решения данных задач в логистике на основе использования интеллектуальных систем. Научная ценность статьи состоит в предпринимаемой попытке систематизации знаний относительно вопроса повышения ключевых параметров работы логистических компаний за счет инновационных технологий. Материалы статьи могут иметь практическую значимость и быть полезны для руководства современных логистических предприятий, преследующих цель повышения ключевых показателей работы своих предприятий.

Ключевые слова: интеллектуальная система, логистика, автоматизация, рационализация, транспортная инфраструктура, оптимизация работы.

Введение

Современная логистическая сфера представляет собой сложную систему, являющейся одной из составляющих развития экономики Российской Федерации. С ростом глобализации и увеличением объемов мировой торговли логистика стала неотъемлемой частью любого предприятия, независимо от его размера или направленности. Одним из основных аспектов актуальности развития логистики является повышение оперативности и скорости поставок. Современные потребители ожидают, чтобы товары доставлялись быстро и надежно, что требует высокой организации логистических процессов. Кроме того, в условиях постоянно меняющихся рыночных условий и конкуренции, компании вынуждены стремиться к оптимизации логистических схем, чтобы снижать издержки и оставаться конкурентоспособными [1].

Также актуальность развития логистической сферы связана с увеличением требований к экологической устойчивости. Современные компании все больше об-

ращают внимание на экологические аспекты логистических операций, стремясь снизить негативное воздействие на окружающую среду. Разработка экологически эффективных транспортных средств и улучшение систем управления отходами становятся важными аспектами развития логистики в современном мире.

Одним из методов повышения качества и эффективности сферы логистики является использование различных интеллектуальных технологий. Именно передовые достижения информационных технологий и технологий искусственного интеллекта, в частности, являются основой устойчивого развития логистики. Однако возникают вопросы касающегося реальных изменений и повышения эффективности ее функционирования при использовании инновационных технологий научно-технического прогресса.

Результаты и их обсуждение

Искусственный интеллект (ИИ) играет ключевую роль в трансформации логистической сферы на сегодняшний

день, добавляя ей новые возможности и значительно повышая эффективность бизнес-процессов. Одной из наиболее важных областей применения искусственного интеллекта в логистике является управление складами [2]. Автоматизация и оптимизация процессов на складах с помощью AI позволяют точно прогнозировать потребности в инвентаре, сокращать издержки на хранение и снижать вероятность ошибок при отгрузках. Кроме этого, маршрутизация и планирование доставки также существенно улучшаются благодаря искусственному интеллекту. Алгоритмы машинного обучения способны анализировать большие объемы данных, учитывать разнообразные факторы, такие как дорожная инфраструктура, прогнозы погоды, и даже поведение водителей, чтобы оптимизировать маршруты и снижать время в пути [3].

Другой важной областью применения искусственного интеллекта в логистике является управление запасами. Системы AI могут предсказывать спрос, оптимизировать заказы и уровни инвентаря, что способствует снижению издержек и увеличению оборачиваемости товаров. Таким образом, использование искусственного интеллекта в логистике не только повышает эффективность и экономичность процессов, но также способствует более точной и надежной работе всей логистической цепи [4].

На рис. 1 представлена концепция развития логистической сферы с применением интеллектуальных технологий:

Из рис. 1 видно, что развитие происходит на основе непрерывного самообучения интеллектуальной системы и оптимизацией исполняемых процессов. При этом интеллектуальные технологии активно интегрируются во всех процессах, выполняемых в логистике. Одним из наиболее заметных применений искусственного интеллекта в логистике является управление запасами. AI позволяет точно прогнозировать спрос на товары, учитывая различные факторы, такие как сезонные изменения, рекламные акции и даже погодные условия. Это помогает компаниям поддерживать оптимальные уровни инвентаря, снижать издержки и избегать недостатка или избытка товаров [5].

Важным аспектом логистики, который также находит практическое применение в AI, является оптимизация маршрутов и планирование доставок. Искусственный интеллект способен анализировать массу данных, включая информацию о транспорте, дорожной инфраструктуре, пробках и многих других параметрах, чтобы создавать наиболее эффективные маршруты. Это позволяет сэкономить время и ресурсы, уменьшить затраты на то-

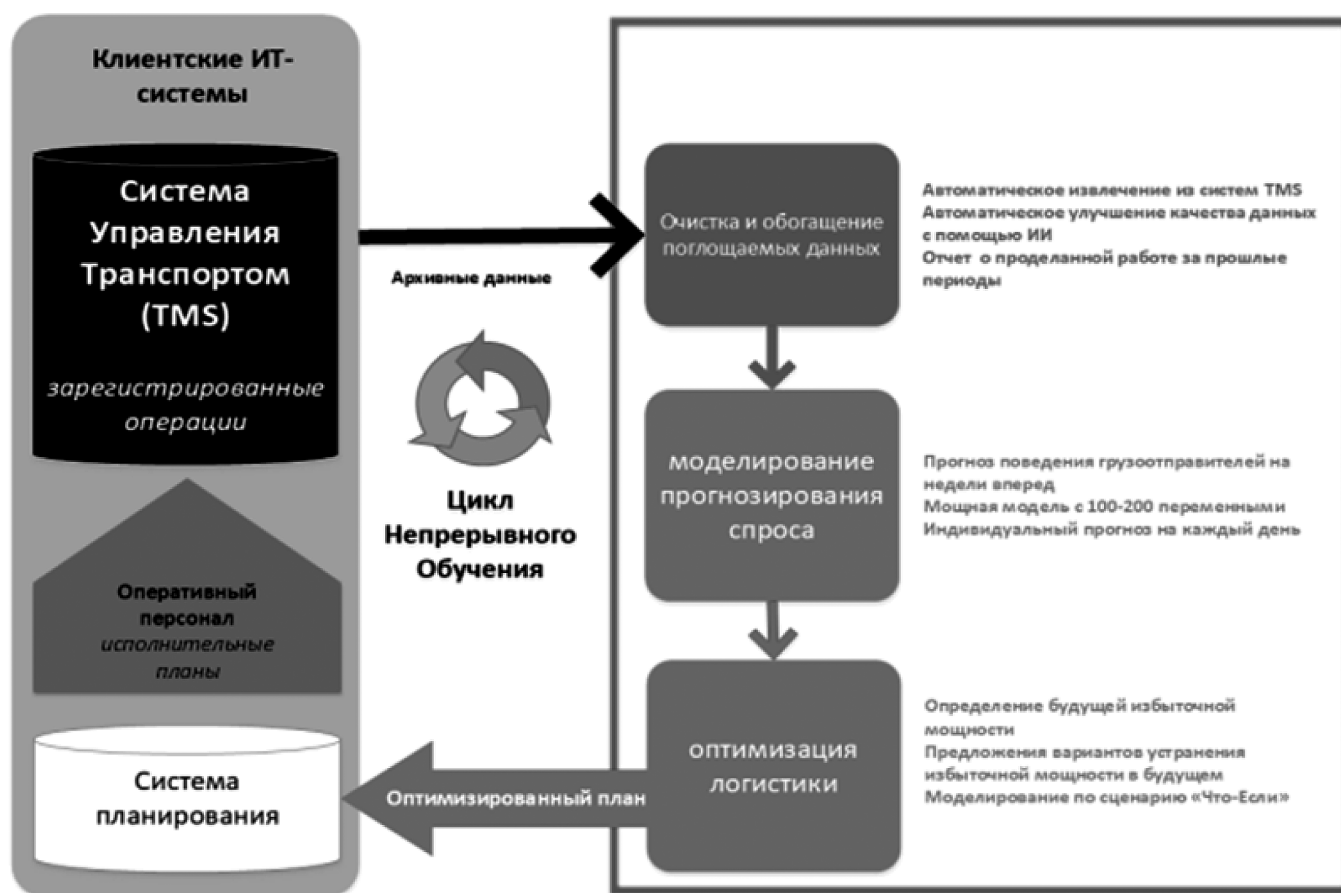


Рис. 1. Концепция интеллектуализации логистической сферы

пливо и снизить воздействие на окружающую среду [6]. В сфере складского управления, искусственный интеллект используется для автоматизации процессов приема и отгрузки товаров. Роботы и автономные системы, управляемые AI, могут эффективно перемещать товары по складу, сокращая человеческую зависимость и повышая точность операций.

Искусственный интеллект также применяется в управлении цепями поставок, где он позволяет лучше координировать взаимодействие между разными участниками цепи и реагировать на изменения в реальном времени. В целом, применение технологий искусственного интеллекта в логистике способствует снижению издержек, увеличению эффективности и повышению качества обслуживания клиентов [7].

Интеграция технологий искусственного интеллекта в сфере логистики имеет значительное влияние на эффективность бизнес-процессов и предоставляет множество преимуществ. Далее представлены основные факторы, обосновывающие повышение эффективности в результате интеграции интеллектуальных технологий в логистической сфере:

- оптимизация ресурсов. Искусственный интеллект позволяет более точно прогнозировать спрос, оптимизировать запасы и управлять ресурсами. Это снижает издержки на хранение товаров и уменьшает риск избыточных запасов;
- улучшение доставок и маршрутов. Он также способен создавать оптимальные маршруты для доставки, учитывая множество переменных, такие как дорожная ситуация и погодные условия. Это повышает эффективность доставки, сокращает время в пути и снижает расходы на транспорт;
- снижение трудовых затрат человека. Использование роботов и автономных систем на складах снижает зависимость от человеческого труда, увеличивая точность операций и сокращая риски человеческих ошибок;
- увеличение скорости реакции. Искусственный интеллект способен быстро реагировать на изменения в цепи поставок и адаптироваться к новым условиям. Это помогает компаниям эффективнее управлять изменениями в рыночных условиях;
- повышение устойчивости и безопасности. Искусственный интеллект может предсказывать и адаптироваться к экстренным ситуациям, таким как стихийные бедствия или проблемы с поставками. Это увеличивает устойчивость логистических систем и обеспечивает безопасность поставок;
- улучшение клиентского опыта. Благодаря более точному прогнозированию и быстрой доставке, компании могут улучшить обслуживание клиентов, что напрямую ведет к повышению удовлетворенности клиентов и их лояльности;

— экологическая эффективность. Использование интеллектуальных технологий для оптимизации маршрутов и управления ресурсами также способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду [8].

В целом, интеграция искусственного интеллекта в сфере логистики имеет значительный потенциал для повышения эффективности, снижения издержек и улучшения качества обслуживания, что делает ее стратегически важной для компаний, работающих в этой области.

Провести полноценный математический расчет эффективности внедрения искусственного интеллекта на складе в сфере логистики требует большого объема данных и конкретных параметров. Однако, я могу предложить общую структуру расчета, которую можно применить в анализе эффективности.

1. Определение ключевых метрик:

- среднее время обработки заказа на складе до внедрения ИИ;
- среднее время обработки заказа на складе после внедрения ИИ;
- стоимость внедрения и обслуживания ИИ-системы.

2. Сбор данных. Необходимо собрать исторические данные о времени обработки заказов до и после внедрения ИИ. Также учтите стоимость приобретения и обслуживания ИИ-системы.

3. Расчет изменения эффективности. Разница между средним временем обработки заказов до и после внедрения ИИ может быть использована для измерения эффективности. Эффективность можно выразить как процентное улучшение времени обработки:

$$\text{Эффективность (\%)} = \left(\frac{\text{Среднее время до ИИ} - \text{Среднее время после ИИ}}{\text{Среднее время до ИИ}} \right) * 100$$

4. Расчет возврата инвестиций (ROI): Для оценки экономической эффективности внедрения ИИ, можно рассчитать ROI.

$$\text{ROI (\%)} = \left(\frac{\text{Прирост прибыли} - \text{Затраты на ИИ}}{\text{Затраты на ИИ}} \right) * 100$$

5. Сценарные анализы. Важно также рассмотреть различные сценарии, такие как изменение заказов, объем продукции и стоимость ИИ-системы, чтобы оценить, какие факторы могут повлиять на эффективность внедрения ИИ.

Представленный математический расчет может помочь оценить ожидаемую эффективность от внедрения искусственного интеллекта на складе в сфере логистики. Однако, реальные результаты могут варьироваться в зависимости от конкретных условий и данных. На рис. 2 приведены прогнозируемые результаты прироста эф-

фактивности в процентном соотношении до 2025 года в результате использования искусственного интеллекта в логистической сфере [9]:

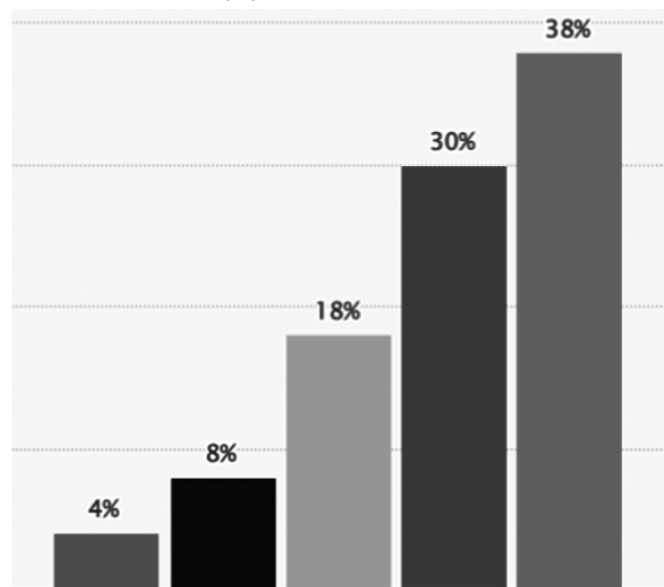


Рис. 2. Прогноз прироста эффективности при использовании ИИ

На рис. 2 цветами слева-направо обозначены следующие сценарии: 1. Не используется; 2. На стадии эксперимента; 3. Ограниченное применение; 4. Широкое применение; 5. ИИ имеет ключевое значение.

В качестве примере широкого применения ИИ в логистике можно взять компанию Coyote Logistics. Данная логистическая компания использует предиктивную аналитику, искусственный интеллект и машинное обучение для сопоставления информации о процессе доставки с внешними данными (трафик и погода в реаль-

ном времени). Полученные данные позволяют компании прогнозировать проблемы, которые могут повлиять на транспортные цепочки, параллельно разрабатывая альтернативный план поставок. Это значительно повышает качество и эффективность предоставления логистических услуг при использовании технологий ИИ [10].

Выводы

Таким образом, основной целью представленной статьи являлось выполнение оценки актуальности и эффективности при использовании технологий искусственного интеллекта в сфере логистики. В работе определена высокая степень актуальности и необходимости использования интеллектуальных технологий в логистической сфере. Использование таких технологий предоставляет множество преимуществ, связанных с оптимизацией цепей поставок, повышением эффективности работы складов и многого другого.

В работе также представлены ключевые формулы, по которым каждая из компаний сможет рассчитать эффективность и спрогнозировать степень необходимости и предполагаемого эффекта от внедрения интеллектуальных технологий. Помимо этого, в работе представлен прогноз прироста эффективности логистической сферы в процентном соотношении при различных сценариях и степени использования искусственного интеллекта в логистике. В заключение необходимо отметить, что интеллектуальные технологии становятся неотъемлемой частью в работе современных логистических компаний. Руководство таких компаний должно осознавать, что именно использование технологий искусственного интеллекта является основой развития и сохранения конкурентоспособности на внутреннем и международном рынке.

ЛИТЕРАТУРА

- Самойлик М.М., Осенний В.В. Перспективы внедрения современных систем ИИ в информационные системы логистической сферы АПК России // Научный журнал КубГАУ. 2022. №183. С. 204–211.
- Негреева В.В., Замятина А. А., Шпакович Д. К., Шаронова А.Д. Использование цифровых технологий в логистике // Экономика и экологический менеджмент. 2020. №2. С. 94–102.
- Корзников М.А. Цифровизация логистики: перспективы 2023 года // Вестник науки. 2023. №9 (66). С. 119–121.
- Липатов А.Г., Белова Е.Ю. Эффективность эксплуатации транспортных средств с использованием искусственного интеллекта // Инновации и инвестиции. 2023. №6. С. 165–167.
- Гавриленко А.А. Развитие инновации в логистике и их влияние на бизнес // Вестник науки. 2023. №8 (65). С. 21–28.
- Путькина Л.В., Минаков В.Ф., Лобанов О.С. Использование технологий искусственного интеллекта на предприятиях в России // Известия СПбГЭУ. 2023. №3-2 (141). С. 73–76.
- Yiguang Wang, Kejin Zhou, Gang Huang, Christopher Hensley, Xiaonan Huang, Xinpeng Ma, Tian Zhao, Baran D. Sumer, Ralph J. DeBerardinis and Jinming Gao. A nanoparticle-based strategy for the imaging of a broad range of tumours by nonlinear amplification of microenvironment signals // NATURE MATERIALS/ ADVANCE ONLINE PUBLICATION/ URL: www.nature.com/naturematerials/ PUBLISHED ONLINE: 8 DECEMBER 2013 | DOI: 10.1038/NMAT3819
- Michael Berger Flexible thermoelectric generator from bulk silicon // Nanowerk as spotlight: URL: http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=33639.php
- Киселев В.Ю. Логистическая организация комплексного развития массового малоэтажного строительства жилья [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. № 3. 2013. — Режим доступа <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1814> (доступ свободный). — Загл. с экрана. — Яз. рус.
- Д.В. Маршаков, О.Л. Цветкова, А.Р. Айдинян. Нейросетевая идентификация динамики манипулятора [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2011, №3. — Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2011/504> (доступ свободный) — Загл. с экрана. — Яз. рус.

© Бикбулатов Радмир Ильдарович (bikbulatov77777@mail.ru); Борисова Ольга Владимировна (vladimirovna@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ ГАЗОВЫХ КОТЕЛЬНЫХ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ АВТОМАТИКИ

IMPROVING THE QUALITY AND SAFETY OF GAS BOILER HOUSES BASED ON APPLICATIONS OF AUTOMATION TOOLS

**R. Bikbulatov
V. Plotnikov**

Summary. To date, the design and construction of numerous gas boiler houses is being updated, which is associated with many technical and economic advantages when using them. However, at the same time, the task associated with ensuring and improving the current level of safety of these boilers remains urgent. The purpose of the presented article is to consider the issue and identify the most effective ways to improve the quality and safety of gas boiler houses. The scientific value of the work consists in an attempt to systematize knowledge about the issues of ensuring the safety of gas boiler houses based on automation tools. The materials actualize the task associated with the need for active integration of automation tools in modern gas boiler houses to rationalize activities and improve production safety. The materials of the article can be useful for the management of modern boiler houses, actualizing the need to integrate automation to increase the level of safety during their operation.

Keywords: automation, gas boiler house, automation, safety, industrial safety, power plant.

Бикбулатов Радмир Ильдарович
Казанский Государственный
Энергетический Университет
bikbulatov7777@mail.ru

Плотников Владимир Витальевич
Кандидат технических наук, доцент, Казанский
Государственный Энергетический Университет
carpenter_wowa@mail.ru

Аннотация. На сегодняшний день актуализируется проектирование и строительство многочисленных газовых котельных, что связано с множеством технических и экономических преимуществ при их использовании. Однако вместе с этим остается актуальной задача, связанная с обеспечением и повышением текущего уровня безопасности работы данных котельных. Цель представленной статьи заключается в рассмотрении вопроса и выявлении наиболее эффективных путей повышения качества и уровня безопасности работы газовых котельных. Научная ценность работы состоит в предпринятой попытке систематизации знаний относительно вопросов обеспечения безопасности работы газовых котельных на основе средств автоматизации. В материалах актуализируется задача, связанная с необходимостью активной интеграции в современных газовых котельных средств автоматизации для рационализации деятельности и повышения безопасности производства. Материалы статьи могут стать полезны для руководства современных котельных, актуализируя необходимость интеграции автоматизации для повышения уровня безопасности при их работе.

Ключевые слова: автоматизация, газовая котельная, автоматика, безопасность, промышленная безопасность, энергоустановка.

Введение

Газовая отрасль Российской Федерации представляет собой одну из наиболее ключевых отраслей экономики. Именно от ее надежного функционирования напрямую зависит развитие как составляющей российской экономики, так и социальной сферы. На сегодняшний день Россия занимает второе место в мире по добыче газа и первое по объему мировых запасов. Именно наша страна является одним из крупнейших поставщиков энергоресурсов, от которых зависит мировая энергетика. К текущему моменту времени за 2023 год добыча газа в России составила 630 миллиардов м³ против 673,8 миллиардов м³ в 2022 году.

Основным вопросом при функционировании газовых предприятий нашей страны является надежность и безопасность производства. Именно данные задачи имеют наибольшую актуальность в вопросах развития газовой отрасли России. Так, к примеру, в 2022 году зафиксировано 11 аварий на газопроводах, что привело к суще-

ственным экономическим потерям. Среди основных причин аварий выделяются отказы и разгерметизация технического оборудования, ошибки персонала и нарушение требований промышленной безопасности [1, 8].

В частности, особенно актуальна задача обеспечения безопасных условий работы газовых котельных. Именно за счет них обеспечивается работоспособность и обеспечение энергией как бытовых, так и промышленных объектов. Исходя из этого, остро стоит задача, связанная с повышением качества и надежности технического обслуживания газовых котельных, особенно тех, которые используются в промышленности. При этом целью решения задачи является снижение аварийности и выхода из строя оборудования для обеспечения непрерывности технологического процесса [2, 9].

Результаты и их обсуждение

Одним из наиболее актуальных и предварительно эффективных вариантов решения данной задачи явля-

ется интеграция предиктивной системы диагностики с использованием технологий искусственного интеллекта. Предполагается, что подобная система диагностики позволит оперативно выявлять неисправности, а также прогнозировать выход из строя оборудования, находящегося за пределами назначенного срока службы.

Система предиктивной диагностики представляет собой аппаратно-программный комплекс, использующий анализ данных и технологии искусственного интеллекта для прогнозирования возможных отказов, проблем или неисправностей в технических системах, оборудовании, машинах и устройствах. Данная система позволяет предсказать будущие состояния диагностируемого оборудования на основе анализа текущих и исторических данных с использованием статистических и алгоритми-

ческих методов. Основная цель системы предиктивной диагностики заключается в предотвращении возможных поломок или сбоев в работе технических систем. Основная работа заключается в выявлении ранних признаков отклонения в работе оборудования и технологических систем. Это помогает снизить затраты на обслуживание, предупредить незапланированные простои и повысить эффективность эксплуатации оборудования [3].

Для эффективного функционирования системы предиктивной диагностики на газовых котельных в ее составе должны быть включены следующие компоненты, представленные на рис. 1.

Сбор данных при работе такой системы в газовой отрасли может производиться с помощью различных

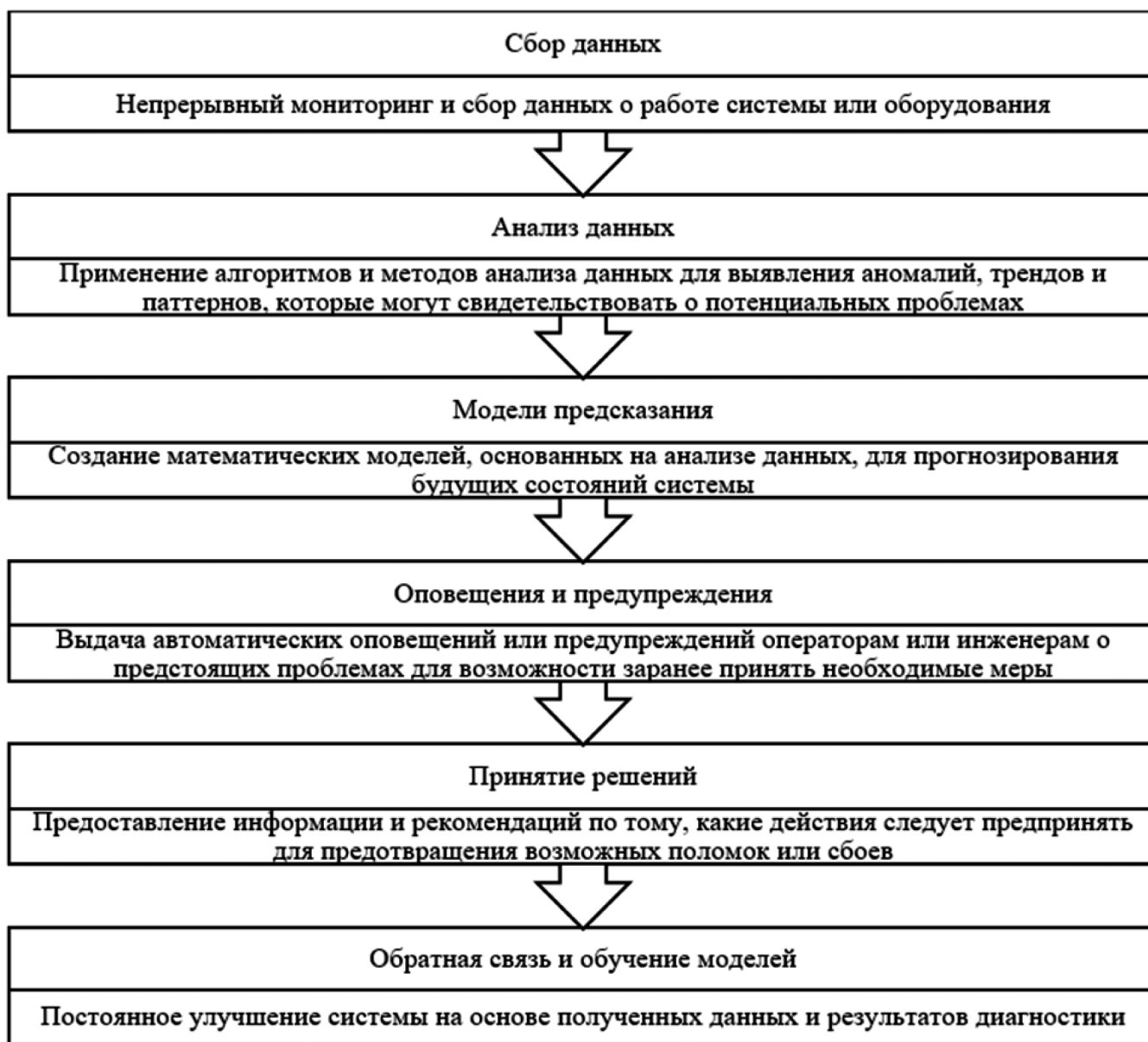


Рис. 1. Компоненты системы предиктивной диагностики

датчиков и передачи результатов в облако. Дальнейшая работа предполагает обработку полученных данных специальными интеллектуальными программами, способными в режиме реального времени анализировать большой объем информации и непрерывно производить сравнение с результатами прошлых показаний. Именно это позволяет сразу же получить информацию о различных отклонениях для принятия оперативных мер по снижению риска аварии.

Отличительными особенностями использования рассматриваемой системы является оперативный сбор данных, быстрый анализ, а также оповещение об изменениях или иных подозрительных данных в режиме реального времени. Интеллектуальные алгоритмы по-

зволяют сформировать точные прогнозы об остатке ресурса работы оборудования, а также возможному выходу из строя той или иной установки. Это дает возможность оперативного отключения оборудования или изменения режима его работы для снижения риска аварии и принятия необходимых мер [4].

Так, интеграция систем автоматизации котельных установок позволит производить автоматическое регулирование и блокировку для возможности исключения следующих условий, подставленных на рис. 2.

Внедрение средств автоматики в системы газовых котельных играет решающую роль в повышении безопасности и эффективности этого оборудования. Системы автоматического управления могут непрерывно про-

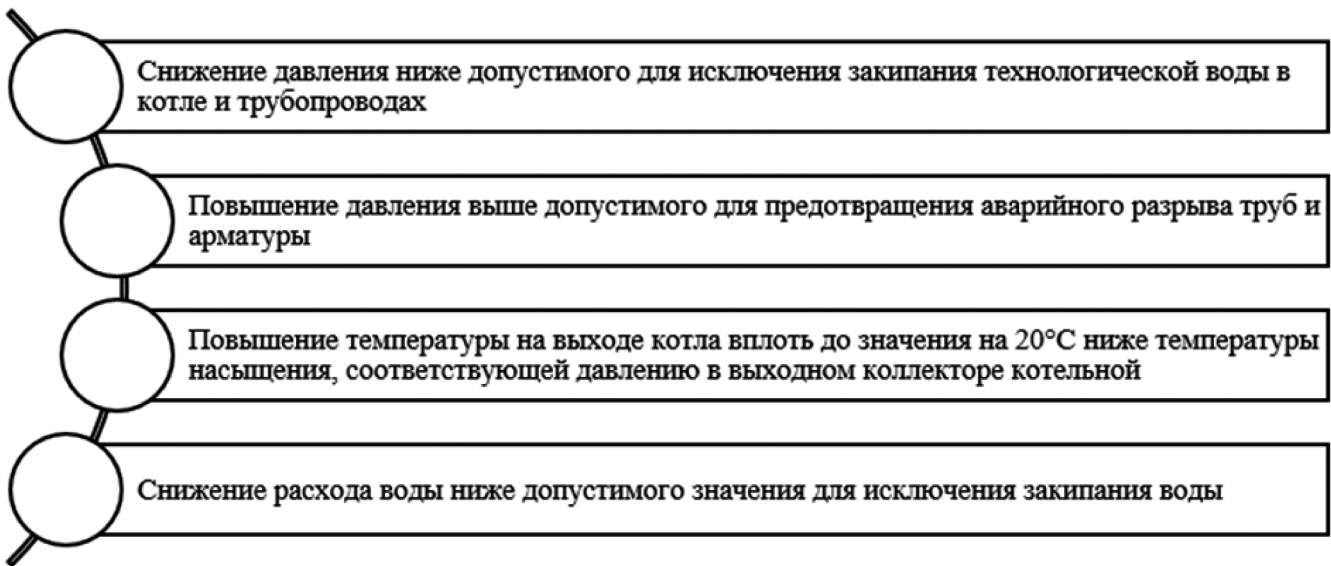


Рис. 2. Задачи, решаемые средствами автоматики на газовых котельных



Рис. 3. Состав автоматической системы контроля газовых котельных

изводить мониторинг параметры котельной, такие как давление, температура, и уровень газа, и реагировать на любые отклонения в реальном времени. Это позволяет предотвращать аварийные ситуации и соблюдать строгие нормативные требования безопасности [5].

Также, автоматизация позволяет оптимизировать процесс сжигания газа, что способствует более эффективному использованию топлива и снижению экологической нагрузки. Это является важным фактором как с экономической, так и с экологической точки зрения. В итоге, средства автоматики в газовых котельных не только улучшают безопасность, но также способствуют более эффективному использованию ресурсов и сокращению негативного воздействия на окружающую среду [6].

На рис. 3 представлен общий вид автоматической системы контроля газовых котельных.

Также для повышения эффективности предлагаемой системы необходимо дополнительно использовать встроенные функции вычисления с нормированной погрешностью и приведения к стандартным условиям полученных основаны на типовых методиках ГСССД и ГОСТ. Это позволит отказаться и от дополнительных расходов, связанных с приобретением и установкой внешнего вычислителя, что особенно актуально при отсутствии достаточного монтажного пространства для интеграции

с энергетическим контроллером. Данная функция может быть доступна в результате подключения дополнительных внешних датчиков температуры (рис. 4) и давления (рис. 5).

Для контроля температуры в паровых котлах могут использоваться датчики INNOCONT серии TS-W (рис. 5).

Для непосредственного контроля давления в наиболее ответственных точках трубопроводных систем устанавливают показывающие приборы (манометры). Для этих задач подойдут цифровые манометры DM10 и OCTO 3420 [7].

Использование комплекса различных видов датчиков в системе контроля безопасности газовых котельных обусловлено необходимостью обеспечения надежности и полноты мониторинга. Каждый тип датчика специализируется на обнаружении конкретных параметров или видов газовых утечек, что позволяет выявлять различные потенциально опасные ситуации [8]. Такой подход улучшает эффективность предотвращения аварий, снижая вероятность угроз безопасности и материальных потерь. Помимо этого, разнообразие датчиков позволяет учесть особенности газового оборудования и условия его эксплуатации. Различные типы датчиков обеспечивают адаптацию системы контроля к разным газовым составам и условиям окружающей среды, что значительно

APZ 3240

DMP 330F

INNOCONT TS-W



Рис. 4. Датчики температуры для газовых котельных

DMD

Серия 1950

ADPS

DM 10

OCTO 3420



Рис. 5. Датчики давления для газовых котельных

но повышает эффективность контроля и реагирования на возможные угрозы. Такой комплексный мониторинг обеспечивает более высокий уровень безопасности при работе с газовыми котельными [9].

Выводы

Отдельно стоит отметить, что дальнейшее развитие предиктивных систем диагностики для газовых котельных может предполагать создания дополнительных модулей рекомендаций. Основная задача данных модулей будет заключаться в представлении рабочим подсказок и конкретных мер для устранения риска наступления аварии на оборудовании. Работа данного модуля будет основываться на полученных данных и результатах интеллектуального анализа показаний при работе установок. Такая комплексная система позволит свести к минимуму влияние человеческого фактора, а также полностью автоматизировать контроль за безопасностью производства.

Таким образом, основной целью представленной статьи являлось выполнение анализа относительно вопро-

са повышения безопасности функционирования газовых котельных за счет интеграции средств автоматики. В работе рассмотрены основные аспекты, касающиеся актуальности и необходимости повышения уровня промышленной безопасности в данной сфере, а также проанализировано использование предиктивной системы диагностики с элементами технологии искусственного интеллекта для решения данных задач.

В результате анализа выявлено, что использование системы предиктивной диагностики действительно способно повысить качество и безопасность производственного процесса. Работа автоматических комплексов в режиме реального времени способствует снижению аварийности на котельных и повышению уровня промышленной безопасности в целом. Помимо этого, интеграция рассмотренных систем позволит снизить материальные издержки предприятий, оптимизировать и автоматизировать процессы, а также повысить экономическую эффективность газовой отрасли [10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Сенцова В.М., Кругликова Е.С. Повышение экологичности работы котельной путем рекуперации теплоты отходящих газов // Наука, техника и образование. 2022. №3 (86). С. 32–36.
2. Шегельман И.Р. Развитие рынка электроэнергии: мнение финских специалистов / И.Р. Шегельман, С.С. Гладков // Инженерный вестник Дона [Электронный журнал]. — 2013. — № 3. URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1752> (доступ свободный) — Загл. с экрана. — Яз. рус.
3. Janusz Bujak. Optimal control of energy losses in multi-boiler steam system// «Energy», Volume 34, Issue 9, September 2009, p. 1260–1270.
4. Шептунов М.В. Котельные как информатизируемые объекты защиты в ракурсе надежности и безопасности структурно-сложных систем // Проблемы анализа риска. 2018. №1. С. 54–62.
5. Юшкевич Д.П. Анализ аварий и основных причин возникновения аварийных ситуаций в котельной // Вестник магистратуры. 2017. №7 (70). С. 24–26.
6. HD Hegner, I Vogler. Energieeinsparverordnung EnEV-für die Praxis kommentiert: Wärmeschutz und Energiebilanzen für Neubau und Bestand. Rechenverfahren, Beispiele und Auslegungen für die Baupraxis// Ernst&Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG. Berlin — 2002., 153p.
7. Строкова А.П. Проблемы обеспечения безопасности на газовых объектах города Петропавловск-камчатский // Форум молодых ученых. 2019. №2 (30). С. 1397–1400.
8. Страхова Н.А., Горлова Н.Ю. Концепция энергоресурсосберегающей деятельности в промышленности [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2011, №1. — Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2011/359> (доступ свободный) — Загл. с экрана. — Яз. рус.
9. Богданова Н.В., Казиханов А.Р., Мавлеев Р.Р. Оптимизация производственных процессов с помощью MES-системы // Энергетика в условиях цифровой трансформации. Наука, Технологии. Инновации: Международная научно-практическая конференция, г. Волжский, 20–24 декабря 2021 г. / сборник материалов конференции. — Волжский: Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, 2022. — 281 с.
10. Богданова Н.В., Баймурзин А.Х. Внедрение передовых цифровых технологий в энергетическую отрасль России // Энергетика в условиях цифровой трансформации. Наука. Технологии. Инновации: Международная научно-практическая конференция, г. Волжский, 20–24 декабря 2021 г. / сборник материалов конференции. — Волжский: Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, 2022. — 281 с.

© Бикбулатов Радмир Ильдарович (bikbulatov7777@mail.ru); Плотников Владимир Витальевич (carpenter_wowa@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯМИ КАЧЕСТВА В ЗАДАЧАХ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

MULTICRITERIA OPTIMIZATION AND MANAGEMENT OF QUALITY INDICATORS IN MACHINE LEARNING PROBLEMS

*N. Borzykh
T. Smolentseva*

Summary. The article discusses the issues of multicriteria optimization and adaptive control of a set of quality criteria in machine learning problems. The limitations of single-criteria optimization are analyzed and the effectiveness of taking into account a set of indicators is demonstrated. Multicriteria optimization methods based on Pareto optimality and other approaches are proposed. Special attention is paid to the adaptive selection of the optimal set of criteria during the learning process using meta-learning based on recurrent neural networks. A network architecture is presented that allows dynamic selection of effective combinations of criteria. Examples of successful application of the developed approaches in predictive analytics problems and intelligent decision support systems are considered. The prospects for further research in the field of adaptive methods for multicriteria optimization of machine learning models are shown. Based on the results of the analysis, a meta-learning scheme for adaptive selection of criteria is proposed.

Keywords: machine learning, multicriteria optimization, meta-learning, decision support system, Pareto optimization.

Борzych Никита Юрьевич
Аспирант, РТУ МИРЭА, г. Москва
allyru@yandex.ru

Смоленцева Татьяна Евгеньевна
Д.т.н., профессор, РТУ МИРЭА, г. Москва
smoltan@bk.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы многокритериальной оптимизации и адаптивного управления набором критериев качества в задачах машинного обучения. Анализируются ограничения однокритериальной оптимизации и демонстрируется эффективность учета совокупности показателей. Предлагаются методы многокритериальной оптимизации на основе парето-оптимальности и других подходов. Отдельное внимание уделяется адаптивному выбору оптимального набора критериев в процессе обучения с использованием мета-обучения на основе рекуррентных нейронных сетей. Приводится архитектура сети, позволяющей динамически подбирать эффективные сочетания критериев. Рассматриваются примеры успешного применения разработанных подходов в задачах прогнозной аналитики и интеллектуальных системах поддержки принятия решений. Показана перспективность дальнейших исследований в области адаптивных методов многокритериальной оптимизации моделей машинного обучения. По результатам анализа предложена схема мета-обучения для адаптивного выбора критериев.

Ключевые слова: машинное обучение, многокритериальная оптимизация, мета-обучение, система поддержки принятия решений, парето-оптимизация.

Введение

Машинное обучение представляет собой активно развивающееся направление искусственного интеллекта, которое находит широкое применение для решения различных практических задач в IT-индустрии, финансовом секторе, производстве и многих других областях.

Целью машинного обучения является создание алгоритмов и методов, позволяющих компьютерам обучаться на основе данных, выявлять закономерности и решать задачи без явного программирования. В отличие от традиционных алгоритмов, машинное обучение использует статистические модели и оптимизацию их параметров в процессе обучения на данных.

Существует ряд нерешенных проблем в текущих подходах к машинному обучению. В частности, в последние годы значительное внимание уделяется вопросам

многокритериальной оптимизации моделей машинного обучения. В работах [1], [2] предложены методы свертывания нескольких критериев качества в интегральный показатель с весами, адаптивно настраиваемыми в процессе обучения. Однако вопрос комплексного управления набором критериев до конца не решен.

Цель данной статьи — рассмотреть современные методы и алгоритмы машинного обучения, проанализировать подходы к многокритериальной оптимизации и управлению критериями, в то время как существующие исследования лишь частично затрагивают данную проблематику. В частности, адаптивный подбор критериев на основе мета-обучения еще не нашел широкого применения и нуждается в дальнейшей проработке.

Модели и методы

В классических подходах к машинному обучению оптимизация модели в процессе тренировки обычно

производится по одному критерию, например, средне-квадратичной ошибке предсказания. Однако на практике часто требуется одновременная оптимизация сразу по нескольким целевым функциям, что представляет собой задачу многокритериальной оптимизации.

Пусть задано множество критериев оптимизации

$$J = \{J_1, \dots, J_m\}, \tag{1}$$

где J_i — значение i -го критерия.

Требуется найти вектор параметров модели w^* , который оптимизирует векторный функционал:

$$F(w) = \{J_1(w), \dots, J_m(w)\} \rightarrow \min. \tag{2}$$

Решением является вектор w^* , при котором не существует другого w :

$$F(w^*) > F(w), \tag{3}$$

для всех J_i из J . То есть не существует такого w , что вектор $F(w)$ доминирует над $F(w^*)$.

Для сравнения векторных значений критериев используется парето-доминирование [3]. Таким образом, решается задача многокритериальной парето-оптимизации параметров модели машинного обучения.

Применение многокритериальных подходов позволяет повысить качество и устойчивость моделей машинного обучения за счет комплексной оценки по нескольким важным критериям, а не максимизации какого-то одного показателя.

Системы поддержки принятия решений (СППР) предназначены для анализа данных и выработки рекомендаций лицу, принимающему решение. [9,10] Машинное об-

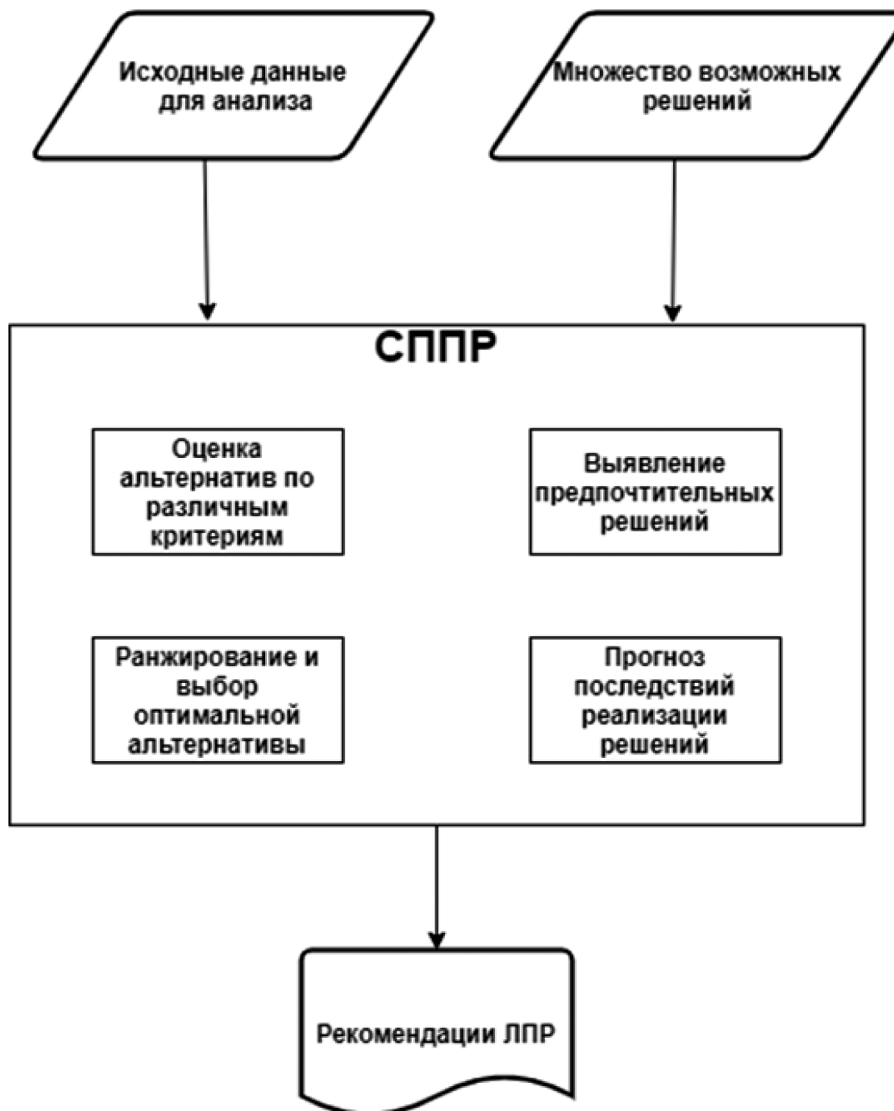


Рис. 1. Схема применения машинного обучения в СППР

учение открывает новые возможности для повышения эффективности СППР за счет интеллектуального анализа данных и построения прогнозных моделей. [7, 8]

Машинное обучение позволяет расширить аналитические возможности систем поддержки принятия решений (СППР) за счет применения алгоритмов интеллектуального анализа данных. В частности, оно даёт инструменты для прогнозирования показателей на основе ретроспективных данных, классификации и кластеризации объектов, оценки и ранжирования альтернатив, а также поиска оптимального решения среди множества вариантов. Таким образом машинное обучение расширяет аналитические способности СППР и повышает качество поддержки принятия решений

На рисунке 1 представлена общая схема использования моделей и алгоритмов машинного обучения в составе интеллектуальной СППР.

Входными данными для СППР являются:

- Исходные данные для анализа (объекты, их характеристики, параметры задачи).
- Множество возможных решений (альтернатив).

Известно, что на основе накопленных данных можно строить различные модели машинного обучения, позволяющие извлекать скрытые знания и прогнозировать будущее.

Например, если нужно разбить множество объектов на группы по сходным характеристикам — это задача кластеризации. А если требуется определить, к какому классу относится новый объект — значит, применяется классификация.

Когда же нужно выявить зависимости между параметрами, в дело вступает регрессия. А для оценки будущих значений показателей применяют методы прогнозирования. В зависимости от поставленной цели, данные можно анализировать с помощью разных алгоритмов машинного обучения, чтобы максимально извлечь полезную информацию.

Модели используются в компонентах интеллектуального анализа и формирования рекомендаций:

- Оценка альтернатив по различным критериям.
- Выявление предпочтительных решений.
- Ранжирование и выбор оптимальной альтернативы.
- Прогноз последствий реализации решения.

На выходе СППР формирует рекомендации лицу, принимающему решение, для выбора наилучшего решения из множества альтернатив.

Таким образом, технологии машинного обучения способны значительно улучшить качество анализа данных и поддержки принятия решений за счет использования прогнозной аналитики и интеллектуальных методов.

Выбор критериев оптимизации (функций потерь, метрик качества) является важной задачей при разработке систем машинного обучения. Существует два основных подхода к управлению критериями [5, 6].

1. Статический выбор критериев

На этапе разработки модели фиксируется заранее определенный набор критериев на основе анализа целей, требований и ограничений задачи.

Для выбора оптимального сочетания критериев могут использоваться следующие методы:

- Экспертная оценка значимости различных критериев исходя из предметной области.
- Статистический анализ взаимосвязей между критериями и их влияния на конечную цель.
- Поиск компромисса между сильно конфликтующими критериями.

2. Адаптивный подбор критериев

Набор критериев динамически изменяется в процессе обучения для достижения оптимального результата.

Методы адаптивного подбора критериев:

- Мета-обучение — обучение модели выбора критериев на основе анализа эффективности их сочетаний.
- Многокритериальная оптимизация с динамическими весами критериев.
- Ансамблевые методы — комбинирование моделей, обученных по разным критериям.
- Поиск в пространстве критериев с подкреплением — агент ищет сочетания критериев, максимизирующие качество модели.

Одним из методов мета-обучения для адаптивного выбора критериев является обучение рекуррентной нейронной сети на основе анализа эффективности различных наборов критериев [4]. Архитектура сети включает два основных блока:

- блок предложения набора критериев на основе текущего состояния;
- блок оценки эффективности предложенного набора по результатам оптимизации модели.

На вход сети на каждом шаге подаётся текущий набор критериев. Сеть предлагает изменение набора, которое применяется для оптимизации модели. По результатам оптимизации вычисляется оценка качества. Эта оценка



Рис. 2. Схема подхода к управлению критериями

используется как сигнал подкрепления для обучения сети.



Рис. 3. Схема мета-обучения для адаптивного выбора критериев

На схеме изображены основные компоненты:

- RNN модель — рекуррентная нейронная сеть, которая предлагает изменение набора критериев на каждом шаге.

- Набор критериев — вектор текущих критериев, которые используются для оптимизации модели ML.
- ML модель — оптимизируемая модель машинного обучения.
- Оценка качества — значение целевого критерия качества ML модели после оптимизации.
- Обратная связь — оценка качества используется как сигнал подкрепления для обучения RNN модели.

На вход RNN модели подается вектор текущих критериев оптимизации. На основе входных данных и обученных весов RNN модель выдает предложение по изменению набора критериев. Полученное предложение применяется для оптимизации параметров ML модели по измененному набору критериев. После оптимизации вычисляется значение целевого критерия качества для ML модели. Полученная оценка качества используется как сигнал подкрепления для обучения RNN модели. Процесс повторяется многократно — RNN модель обучается подбирать набор критериев, который приводит к улучшению качества ML модели.

Такой подход позволяет адаптивно находить эффективные сочетания критериев в процессе мета-обучения с подкреплением.

Заключение

В работе проведен анализ современных методов машинного обучения и выявлены актуальные проблемы многокритериальной оптимизации и адаптивного управления набором критериев качества. Предложен вариант применения машинного обучения при выборе критериев. В качестве реализации предложена схема мета-обучения. Показано, что учет нескольких критериев позволяет повысить общую эффективность и устойчивость моделей машинного обучения. Рассмотрены перспективные алгоритмы динамического подбора оптимальных критериев с использованием мета-обучения на основе рекуррентных нейронных сетей. Проанализированы возможности эффективного применения

разработанных подходов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений, а также для повышения качества моделей в задачах анализа данных и прогнозирования.

Таким образом, в работе исследованы перспективные методы многокритериальной оптимизации и адаптивного управления критериями качества для моделей машинного обучения. Показано, что комплексный учет нескольких критериев позволяет повысить качество и устойчивость обучаемых моделей. Описанные алгоритмы адаптивной настройки критериев на основе мета-обучения демонстрируют перспективность динамического подбора оптимального набора целевых функций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д.В. Васильевич «Определение интегрального показателя состояния природного объекта как сложной системы» // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana), №. 4, 2009, С. 146–165.
2. В.В. Подиновский «Метод взвешенной суммы критериев в анализе многокритериальных решений: Pro et contra» / В.В. Подиновский, М.А. Потапов // Бизнес-информатика, №. 3 (25), 2013, С. 41–48.
3. Ногин В.Д. Множество и принцип Парето: Учебное пособие. — СПб.: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2020. — 100 с.
4. Н.О. Турсуков «Оценка эффективности нейронных сетей на основе критериев выполнения задачи классификации объектов» / Н.О. Турсуков, И.И. Виксин, Е.А. Неверов, Е.Л. Шейнман, С.С. Чупров // XXVI Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2023). Сборник докладов. Санкт-Петербург. 24–26 мая 2023 г. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ». С. 153–156.
5. Зайцева И.В. «Моделирование оптимального распределения трудовых ресурсов» Таврический вестник информатики и математики, №. 4 (45), 2019, С. 59–77.
6. Скрипина И. И. «Анализ и выбор математической модели с помощью метода анализа иерархий» / Скрипина И.И., Зайцева Т.В., Путивцева Н.П. // Научный результат. Информационные технологии, №. 2, 2021, С. 41–46.
7. Загорюлько Г.Б. «Модель комплексной поддержки разработки интеллектуальных СППР» Онтология проектирования, №. 4 (34), 2019, С. 462–479.
8. Куссуль М.Э. «СППР бизнес-аналитика» / Куссуль М.Э., Сычев А.С., Садовая Е.Г., Антоненко А.О. // Математические машины и системы, №. 3, 2010, С. 96–103.
9. Н. Ю. Борзых. Анализ применения методов при выборе критериев на этапе формирования требований к системе / Борзых Н.Ю., Смоленцева Т.Е., // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики: сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф. (Воронеж, 12–14 декабря 2022 г.): электронный ресурс. — Воронеж, 2023. — С. 1489–1492.
10. Н.Ю. Борзых «Анализ применения методов многокритериальной оптимизации на этапе выбора стратегии проектирования корпоративных информационных систем» / Борзых Н.Ю., Смоленцева Т.

© Борзых Никита Юрьевич (allyru@yandex.ru); Смоленцева Татьяна Евгеньевна (smoltan@bk.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ОБЛАЧНОГО ЦЕНТРА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ (ЦОД)

Бурьгин Вячеслав Михайлович

Аспирант, Санкт-Петербургский государственный
университет телекоммуникаций
им. проф. М.А.Бонч-Бруевича;
программист-разработчик, ООО «ВК»
slashburygin@gmail.com

ANALYSIS OF THE PROTECTION SYSTEM STRUCTURE CLOUD DATA CENTER (DPC)

V. Burygin

Summary. The article discusses the analysis of the structure of the cloud Data Processing Center (DPC) security system. It is noted that the active use of cloud technologies today is becoming an advantage for enterprises of all sizes — from small companies to large corporations and even public sector organizations. The development of the high relevance of issues of ensuring the protection of data transmitted through open data transmission channels is substantiated. It is noted that protecting data in the cloud is the responsibility of any cloud provider, since this directly affects its competitiveness, image and reputation. It has been revealed that the problem of protecting data and equipment in the cloud is a source of controversy when considering the use of cloud resources. It is noted that ensuring information security of cloud data centers is implemented using complex multi-level protection systems. It is concluded that the structure of the cloud data center protection system is to a certain extent similar to the protection systems of a large corporation and its implementation requires the use of several levels of protection, the inclusion of organizational, software and hardware protection tools with the only difference that greater emphasis is placed on to protect network connections and transmitted data.

Keywords: cloud technologies, information security, cloud security, data center, cloud services.

Аннотация. В статье рассматривается анализ структуры системы защиты облачного Центра обработки данных (ЦОД). Отмечено, что активное использование облачных технологий сегодня становится преимуществом предприятий самого разного масштаба — от небольших компаний до крупных корпораций и даже организаций государственного сектора. Обосновано развитие высокой актуальности вопросов обеспечения защиты данных, передаваемых посредством открытых каналов передачи данных. Отмечено, что защита данных в облаке представляет собой обязанность любого облачного провайдера, поскольку это прямым образом влияет на его конкурентоспособность, имидж и репутацию. Выявлено, что проблема защиты данных и оборудования в облаке является источником противоречий при рассмотрении вопросов использования облачных ресурсов. Отмечено, что обеспечение информационной безопасности облачных центров обработки данных реализуется с использованием сложных многоуровневых систем защиты. Сделан вывод о том, что система защиты облачного ЦОД по структуре в определенной степени схожа с системами защиты крупной корпорации и для её реализации требуют применять несколько уровней защиты, включать в состав организационные, программные и аппаратные средства защиты с той лишь разницей, что больший упор делает на защиту сетевых подключений и передаваемых данных.

Ключевые слова: облачные технологии, защита информации, защита облака, центр обработки данных, облачные сервисы.

Развитие облачных технологий сегодня происходит стремительно, что обусловлено огромными возможностями и конкурентными преимуществами, которое облако предоставляет своему потребителю. Любая организация в первую очередь получает финансовую выгоду, связанную с меньшими затратами на оборудование и его обслуживание, экономию времени и ресурсов. Для этого достаточно иметь скоростной канал доступа к сети Интернет. Однако для обрабатываемых данных требуется высокий уровень защиты, поскольку безопасность обрабатываемых данных является обязательным требованием для любой программной среды, при этом облако не является исключением [5].

Надежность и качество функционирования облачных систем зависят от большого числа различных условий, для обеспечения которых используются разные элементы:

- система энергоснабжения обеспечивает весь ЦОД электричеством: для обеспечения беспере-

бойного электроснабжения используют несколько вводов, а также реализуют резервную систему энергоснабжения, которая будет обеспечивать бесперебойной работы облачного ЦОД в случае перебоев на основных линиях подачи электричества;

- система охлаждения и кондиционирования воздуха следит за температурой в помещениях и обеспечивает оптимальную рабочую температуру для оборудования;
- система обеспечения безопасности обеспечивает сохранность данных, программного и аппаратного обеспечения ЦОД посредством функционирования целого ряда входящих в её состав подсистем — пожаротушения, защиты от физического проникновения, обеспечения защиты каналов передачи данных, приложений и подобных;
- каналы связи выполняют роль инструмента взаимодействия между клиентами и облачным ЦОД;

с целью обеспечения бесперебойной работы подключение ЦОД к сетям передачи данных выполняется с использованием нескольких линий связи;

- система диспетчеризации позволяет осуществлять контроль за всеми перечисленными компонентами, предоставляя оперативные оповещения по всем происходящим событиям [8].

С начала зарождения облачных технологий возникли вопросы касательно их безопасности, поскольку фактически в одном месте собраны огромные массивы данных, передача которых при этом происходит посредством открытых сетей. Обеспечение защиты данных в облаке происходит с использованием сложной системы, представляющей собой целый набор технологий, протоколов и инструментов. При этом осуществляется не только защита данных, но и облачных сред, приложений и операционных систем. Обеспечение корректной работы системы защиты является обязанностью провайдера облачных услуг, который должен обеспечить реализацию защитных мероприятий с целью обеспечения безопасной работы таких компонентов ЦОД, как:

- физические устройства и сети — сюда относятся сетевое оборудование, кабели электропитания и сетей передачи данных, системы вентиляции и кондиционирования и т.д.;
- носители данных — жесткие диски, которые используются в вычислительных платформах, либо на внешних носителях для хранения резервных копий;
- серверы — аппаратное и программное обеспечение во внутренней сети ЦОД-а;
- сети виртуализации — это программное обеспечение, установленное на виртуальные машины;
- операционные системы — программное обеспечение, реализующее взаимосвязь между аппаратным обеспечением вычислительной платформы и остальным ПО;
- среды выполнения — программное обеспечение, применяемое для обеспечения работоспособности и запуска ПО;
- данные — информация, хранимая в облаке, и предоставляемая пользователям по запросу;
- оборудование пользователей — это устройства, посредством которых пользователь выполняет работу с облаком. Сюда можно отнести персональные компьютеры и ноутбуки, планшетные компьютеры, смартфоны и т.д. [4]

Реализация систем защиты облачного ЦОД обладает некоторыми отличиями, связанными с тем фактом, что базовые рекомендации по обеспечению защиты опирались на реализацию локального хранения данных, с их передачей посредством локальной сети, принадлежащей организации. В данной ситуации владельцы данных в полной мере могут контролировать все операции по их

обработке, а также пути, которые они проходят. В случае работы с облаком пользователи лишены такой возможности, вся ответственность практически в полной мере возложена на провайдера облачного ЦОД. Пользователи в определенной степени могут обеспечить безопасность отправляемых данных, однако вся дальнейшая их судьба всецело будет зависеть от системы защиты облака. Помимо этого, сложность обеспечения защиты облака состоит в том, что происходит взаимодействие различных служб, сервисов и систем. Для каждого элемента необходимо обеспечить свою защиту, независимо от его функционального назначения. То есть важно выполнять реализацию механизмов защиты для множества разрозненных элементов, обеспечивая при этом управление правами доступа на всех уровнях, что обеспечивает проверку информации, её контроль, а также проверку всех подключений [9].

Структура любого облачного ЦОД содержит такие элементы, как гипервизор, оборудование центра, каналы связи, а также программное обеспечение, функционирующее как на стороне сервера, так и на стороне пользователя. Любой элемент в составе данного перечня может быть подвержен атаке либо воздействию вредоносного программного обеспечения. Именно по данной причине при реализации систем защиты данных в облаке используется целый набор различных методик с целью реализации структурных компонентов системы защиты. К данным методикам относят:

- шифрование данных;
- использование паролей с высоким уровнем сложности в совокупности с двухфакторной аутентификацией;
- обязательное использование SSL;
- использование инструментов мониторинга сетевых подключений;
- реализация мероприятий по обеспечению безопасности API и защите от DDoS атак [10].

Рассмотрим перечисленные методы реализации компонентов системы защиты облака более подробно.

Шифрование считается одним из важных элементов в составе системы защиты облачной инфраструктуры. Это связано с его непосредственным функционалом — оно позволяет посредством специальных алгоритмов выполнить преобразование передаваемых сведений в нечитаемую форму, что делает их перехват нецелесообразным для злоумышленника. После получения зашифрованных данных их необходимо преобразовать обратно с использованием ключа шифрования. Подобрать ключ злоумышленники могут лишь с использованием очень мощного оборудования, и при значительных временных затратах, что делает процесс взлома ключа шифрования бессмысленным. Процедура шифрования при работе с облаком происходит на каждом этапе рабо-

ты с данными — при их передаче между облаком и клиентом, а также при их хранении.

Следующий обязательный элемент системы защиты — система авторизации пользователей, основанная на использовании надежных паролей, а также возможности использования многофакторной авторизации. Использование для авторизации пароля с высоким уровнем надежности минимизирует вероятность подбора его злоумышленниками, а подключение многофакторной авторизации делает данную процедуру максимально безопасной. Реализация подобной процедуры выполняется с использованием различных методик, таких как одноразовые пароли, биометрические схемы или аппаратные токены. В любом случае она позволяет устранить вероятность взлома системы авторизации. Помимо шифрования и многофакторной авторизации в рамках системы защиты данных в облаке используют протокол безопасной передачи данных SSL, в котором детально прописываются обязательства со стороны провайдера в области обеспечения защиты данных пользователей.

Перечисленные элементы системы защиты относятся к внешним инструментам обеспечения защиты. Защита облачных сервисов изнутри реализуется такими компонентами, как система мониторинга сетевой активности, система защиты от атак, а также реализация механизмов надежности API приложений.

Первый из компонентов внутренней защиты — система мониторинга сетевой активности. Она отслеживает любое anomальное поведение, будь то попытка получения доступа через порт, anomальное поведение сетевых сервисов, сканирование системы на уязвимость и т.д. В случае выявления подобных отклонений система может реализовать несколько сценариев. Самый простой — блокировка аномалии и оповещение администраторов системы. Более совершенные системы способны реализовать закрытые виртуальные контейнеры, в которые переадресуют возникшую угрозу, одновременно выполняя процедуру установления источника угрозы.

Следующий компонент системы защиты — подсистема защиты от сетевых атак может быть реализована отдельно либо в составе системы мониторинга сети. В любом случае, данная подсистема реализует механизмы противодействия сетевым атакам с целью устранения атак типа «отказы в обслуживании», так как они являются наиболее распространенными сетевыми атаками на облачную инфраструктуру. К таким механизмам относятся инструменты проверки трафика, межсетевые экраны, сетевые анализаторы. Кроме того, внутренняя защита реализуется посредством обеспечения процедур надежности и безопасности API, выполняемой по нескольким направлениям. Например, проводится тестирование

на проникновение с имитацией атаки на программное обеспечение, с целью выявления уязвимостей в коде. Кроме того, реализуются дополнительные инструменты шифрования и многофакторной авторизации.

Еще одним из инструментов безопасности является защита приложений и сервисов за счет использование проверенных инструментов и библиотек, а также защиту сред. Речь идет об использовании принципов сегментации и изоляции, согласно которым запуск каждого приложения выполняется в собственной изолированной среде. Для обеспечения безопасности приложений должно выполняться их тестирование и проверка на предмет наличия уязвимостей, с последующим выпуском новых версий, устраняющих проблемы в системе защиты данных приложений.

Рассмотрим набор инструментов, участвующих в рамках и внутренней, и внешней защиты. Прежде всего, это специализированные протоколы [3], такие как:

- SSL/TLS — специализированный криптографический протокол, формирующий защищенное соединение и осуществляющий процедуру шифрования данных «на лету», то есть данные шифруются на стороне того устройства, которое будет выполнять их передачу, и в зашифрованном виде передаются другому устройству посредством открытых каналов связи;
- IPsec — специализированный протокол, позволяющий выполнить процедуры шифрования данных и аутентификации пользователей на уровне IP. Используется широко в веб-сервисах и приложениях, в том числе и в облачной инфраструктуре;
- SSH — прокол удаленного подключения, а также передачи данных между двумя устройствами в сети. В рамках работы с облаком чаще всего используется для организации удаленной работы и обслуживания серверных платформ;
- OAuth — протокол доступа к приложениям или сервисам, не требующий передачи учетных данных, что позволяет реализовать процедуры контроля доступа к данным с защитой их от несанкционированного доступа;
- SAML — протокол, выполняющий процессы обмена специализированными утверждениями о безопасности между сервисами идентификации пользователей и непосредственно облачными сервисами. Чаще всего используется для обеспечения единой процедуры входа для пользователей в рамках набора облачных сервисов;
- AES — протокол шифрования данных, хранимых в состоянии покоя.

Перечисленный состав протоколов может комбинироваться провайдером облачных услуг на свое усмотрение, но в большинстве случаев происходит их одновременное

менное использование, так как это позволит обеспечить максимально возможный уровень защиты в рамках процедур взаимодействия клиента с облаком.

Наиболее эффективным вариантом обеспечения защиты облачной инфраструктуры считается реализация системы защиты, состоящей из нескольких независимых уровней. Первый уровень — обеспечение физической защиты инфраструктуры и оборудования от негативных условий функционирования, либо получения к ним несанкционированного доступа. Следующий уровень — обеспечение инфраструктурной безопасности посредством использования сетевых брандмауэров, систем анализа трафика, выявления вторжений и т.д. Далее отдельными уровнями идут процессы управления права-

ми доступа пользователей и механизмами авторизации, а также набор методов, связанных с шифрованием потоков данных. Последние слои системы защиты — это слой мониторинга и анализа аномального поведения в инфраструктуре, а также управление рисками и соблюдение требований по их устранению.

Таким образом, что система защиты облачного ЦОД по структуре в определенной степени схожа с системами защиты крупной корпорации — для её реализации требуют применять несколько уровней защиты, включать в состав организационные, программные и аппаратные средства защиты с той лишь разницей, что больший упор делает на защиту сетевых подключений и передаваемых данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аникина Н.А., Фёдорова Т.И. Внешние и внутренние угрозы информационной безопасности // Ростовский научный вестник. 2022. №11. С. 73–78.
2. Белянская О.В., Привалов А.Н. О модели угроз информационной безопасности в центрах обработки данных // Известия ТулГУ. Технические науки. 2021. №9. С. 12–16.
3. Вишняков А.С., Макаров А.Е., Уткин А.В., Зажогин С.Д., Бобров А.В. Обеспечение защиты данных, представленных в облачных сервисах // Вестник науки и образования. 2019. №11-2 (65). С. 68–73.
4. Диченко С.А., Самойленко Д.В., Финько О.А. Особенности обеспечения безопасности информации в условиях угроз, связанных с неконтролируемым предоставлением услуг по хранению данных // I-methods. 2021. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-obespecheniya-bezopasnosti-informatsii-v-usloviyah-ugroz-svyazannyh-s-nekontroliruemym-predostavleniem-uslug-po> (дата обращения: 15.11.2023).
5. Лукьянов Д.О. Требования при проектировании информационной безопасности центра обработки данных // E-Scio. 2019. №11 (38). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/trebovaniya-pri-proektirovanii-informatsionnoy-bezopasnosti-tsentra-obrabotki-dannyh> (дата обращения: 15.11.2023).
6. Мерзляков С.Э. К вопросу о понятии информационной безопасности / Экономические и социально-гуманитарные исследования. 2022. №4. С. 175–180.
7. Нестеренко В.Р., Маслова М.А. Современные вызовы и угрозы информационной безопасности публичных облачных решений и способы работы с ними / Научный результат. Информационные технологии. 2021. №1. С. 48–54.
8. Серикулы О. Информационная безопасность при облачных вычислениях // Вестник магистратуры. 2019. №6-5 (93). С. 17–23.
9. Хан Д.В., Разгуляев К.А., Тягунов Д.М. Разработка порталов для управления облачными сервисами в составе центра обработки и хранения данных // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. №6. С. 1086–1093.
10. Шукурлаев А.Х. Распределенные облачные дата-центры // ORIENSS. 2021. №10. С. 635–650.

© Бурьгин Вячеслав Михайлович (slashburygin@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ РИСКОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СЕТЯХ SDN

Ван Синьюй

Шеньянский университет авиации
и аэронавтики, Шеньян, Китай
1179384407@qq.com

METHODS OF MITIGATING INFORMATION SECURITY RISKS IN SDN NETWORKS

Wang Xinyu

Summary. The article discusses issues related to the consideration of methods of information security risks in SDN networks. The concept of the definition of «SDN network» is considered. The main components of this network have been studied. A comparative characteristic of the difference between the parameters of the traditional network and the SDN network is carried out. The author of the article emphasizes the advantages of using the SDN network to solve simple and complex tasks in practice. The definition of the concept of «risk» is considered. It is noted that the methods of assessing information security risks are divided into qualitative and quantitative. The main methods of reducing the occurrence of risks are considered. General recommendations for reducing information security risks in SDN networks have been developed.

Keywords: methods, risks, occurrence, information security, SDN networks, reduction.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы, связанные с рассмотрением методов возникновения рисков информационной безопасности в сетях SDN. Рассмотрено понятие определения «сеть SDN». Изучены основные компоненты данной сети. Проведена сравнительная характеристика отличия параметров традиционной сети от сети SDN. Автор статьи подчеркивает преимущества использования сети SDN для решения простых и сложных задач на практике. Рассмотрено определение понятия «риск». Отмечено, что методы оценки рисков информационной безопасности делятся на качественные и количественные. Рассмотрены основные методы снижения возникновения рисков. Разработаны общие рекомендации по снижению рисков информационной безопасности в сетях SDN.

Ключевые слова: методы, риски, возникновение, информационная безопасность, сети SDN, снижение.

Введение

Проблемы обеспечения информационной безопасности на предприятиях и организациях играют ключевую роль в обеспечении стабильности их работы, дальнейшего развития и процветания. Поскольку всевозможные риски и угрозы мешают деятельности хозяйствующих субъектов рынка, снижают прибыль, рентабельность и эффективность работы в целом. Особенно неблагоприятное воздействие на функционирование предприятий и организаций оказывают риски информационной безопасности. Следовательно, на данном этапе очень важно уделить большое внимание оценке и прогнозированию данному виду рисков.

Основные результаты

Сеть SDN представляет собой непрерывный поток передачи данных путем с помощью программного обеспечения путем удаленного доступа. Данная сеть включает в себя различные компоненты, к которым можно отнести:

1. уровень приложений — включает в себя наличие приложений, которые направлены на расширение возможностей сетевых услуг;
2. уровень плоскости управления — представляет собой центр управления данной системой, осу-

ществляет непосредственный контроль, принимает запросы, поступающие в приложения, а также ведет их обработку;

3. уровень инфраструктуры — определяется наличием и возможностями использования программного оборудования, к которому относятся сетевое оборудование, маршрутизаторы, коммутаторы и т.д.

На Рисунке 1 наглядным образом представлены основные компоненты сети DNS.

Существует различные типы сетей SDN, имеющие определенный функционал и назначение. Так, существует открытая сеть, сеть с интерфейсами, гибридная сеть и другие. Каждая сеть имеет свое назначение, параметры управления, программы и протоколы [1, с. 78].

Прежде чем приступить к рассмотрению методов возникновения рисков информационной безопасности в сетях SDN, считаем необходимым рассмотреть особенности самой сети и чем она отличается от традиционных сетей. Во-первых, традиционная сеть имеет сетевую структуру, которая собирает информацию для последующего выполнения алгоритма маршрутизации. Во-вторых, в случае сбоя она имеет автоматическое схождение. Но в целом данная сеть имеет высокую степень надежности и широкого применения. Что касается

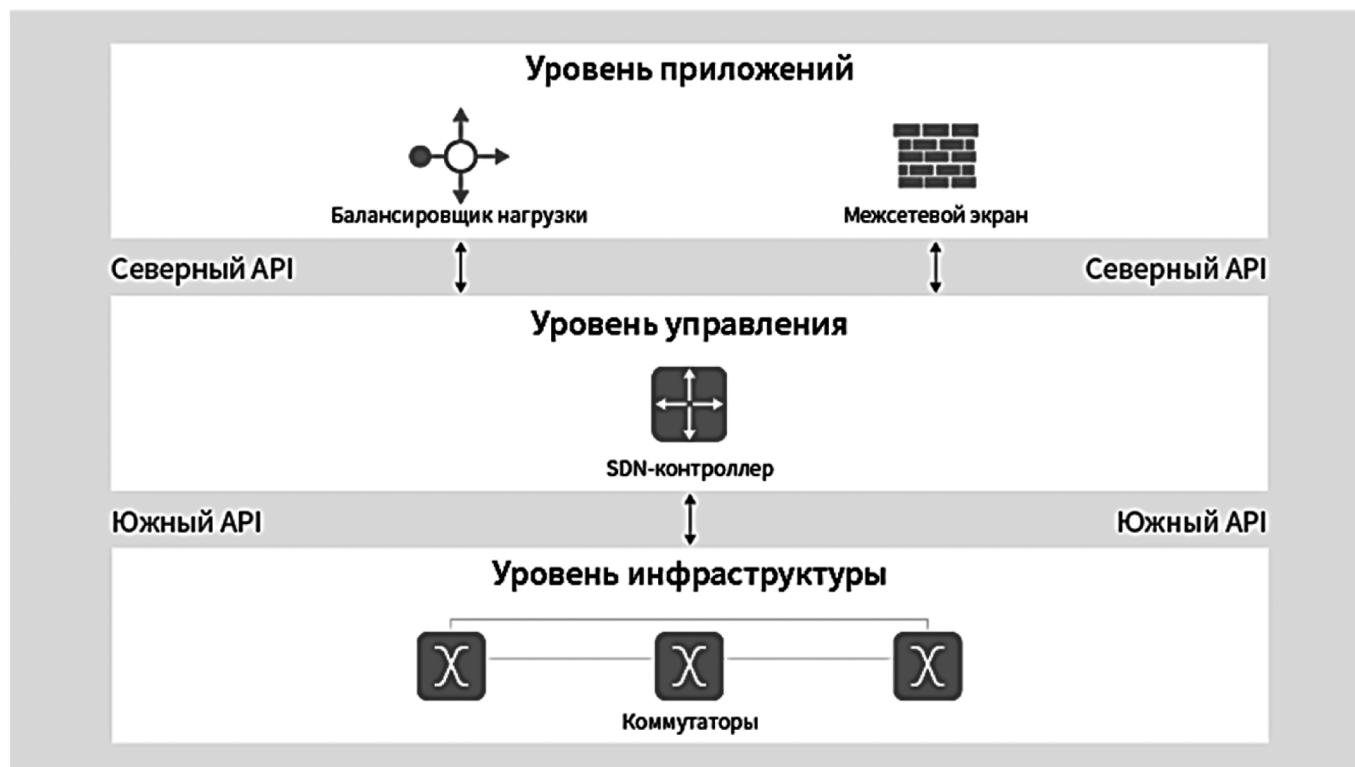


Рис. 1. Основные компоненты сети SDN

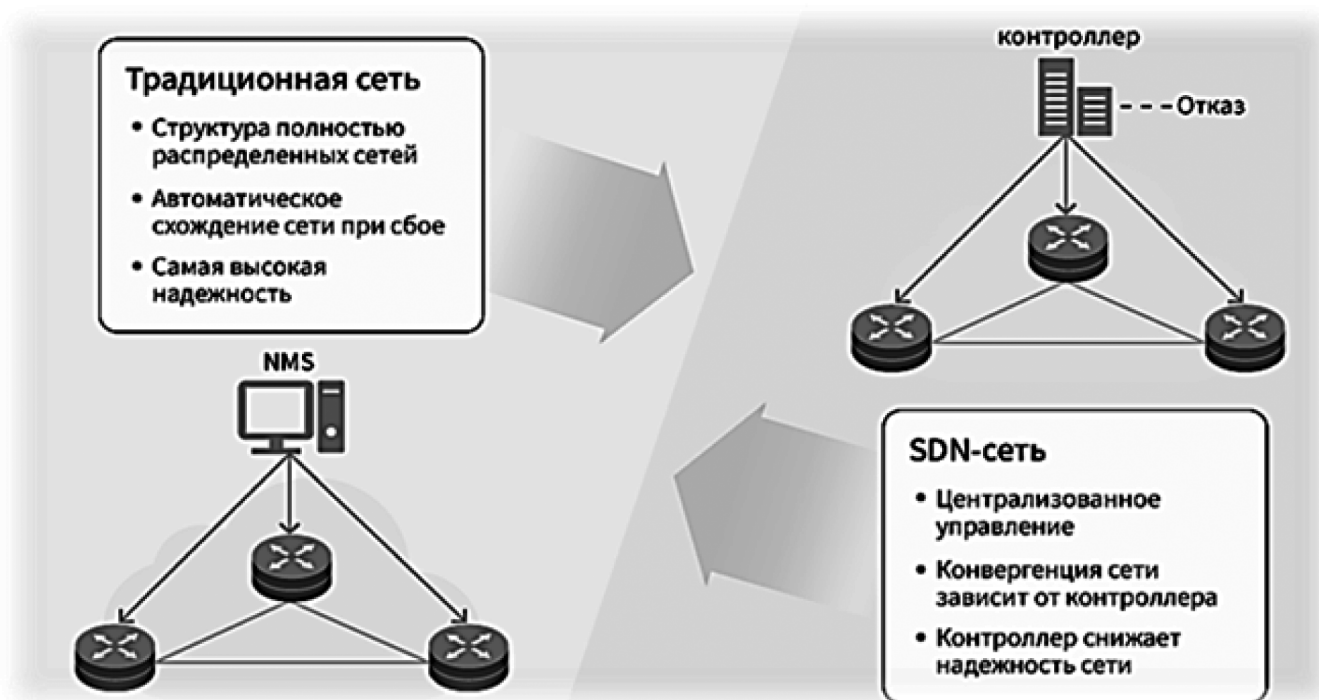


Рис. 2. Отличительные характеристики традиционной сети от сети SDN

сети SDN, то она имеет централизованное управление. Конвергенция сети зависит непосредственно от контроллера, который отвечает за параметры надежности сети. На Рисунке 2 представлены основные отличия традиционной сети от сети SDN.

В целом можно отметить, что сеть SDN обладает более широкими возможностями управления, гибкостью системы и ее скоростью совершения операций. Система также характеризуется широким функционалом программного оборудования и управлять большим потоком

данным в реальном режиме времени. Кроме того, сеть SDN имеет разветвленную инфраструктуру, что позволяет администраторам оптимизировать процесс работы и преобразование данных в сети. И наконец, самое главное преимущество использования данной системы заключается в ее высоком уровне безопасности, что позволяет снизить риски и угрозы возникновения потерь, утечки информации, кражи и хищений [4, с.3].

Далее рассмотрим основные методы возникновения рисков информационной безопасности в сетях SDN. Под риском следует понимать вероятность возникновения того или иного события, которое может повлечь за собой неблагоприятные последствия (потери) в будущем.

В целом стоит отметить, что все методы оценки рисков информационной безопасности делятся на две группы: качественные и количественные. Количественные методы основаны на расчете количественных показателей в абсолютном и относительном выражении. При количественном подходе каждому конкретному виду риска присваивается значение или ранг. Далее рассчитывается вероятность наступления того или иного риска с количественным прогнозированием возможно ущерба.

Качественные методы основаны на присвоении риску бальной оценки (степени) экспертным путем. Вначале определяется система ценностей и выстраивается шкала. Далее рассчитывается вероятность наступления угрозы риска и присваивается соответствующая степень оцениваемой угрозы (то есть выставляется оценка). Проводится детальный анализ и разрабатываются конкретные защитные меры для каждого риска.

Одним из самых распространенных методов определения рисков является метод под названием OpenFlow, который направлен на выявление возможных несоответствий в данной сети путем проведения верификации. Популярность обращения у данному методу для оценки и прогнозирования рисков заключается в удобстве и простоте его использования. Основными компонентами системы является коммутатор, контроллер, сетевая операционная система и приложения. На коммутатор поступает большой объем информации, которую он передает контроллеру. Контроллер в свою очередь обрабатывает данную информацию, при этом он расходует время и память. В процессе обработки выявляются факторы риска и угрозы информационной безопасности. Коммутатор принимает команды от контроллера и тревожные сигналы для принятия дальнейших решений и действий [3, с.126].

Другим современным методом обеспечения информационной безопасности в сетях SDN является использование методики определения актуальных угроз под

названием STRIDE. Рассматриваемая методика включается в себя последовательную оценку рисков по следующим основным параметрам и характеристикам угроз, представленным в Таблице 1.

Таблица 1.

Основные параметры угроз в методологии STRIDE

Угроза	Описание
Спуфинг	Позволяет злоумышленникам скрыть или подделать их личность. Данный тип атак становится возможным ввиду отсутствия надлежащей аутентификации.
Модификация	Позволяет злоумышленникам поставить под угрозу целостность передаваемых или хранимых данных.
Отказ от авторства	Позволяет пользователям в системе отречься от своих действий или обвинить в них других. Системы мониторинга и журналы действий при этом не способны корректно идентифицировать злоумышленника.
Разглашение информации	Эксплуатация этой уязвимости может привести к раскрытию значимой информации или паролей. Она также часто коррелирует с атаками подмены и модификации.
Отказ в обслуживании	Устройства могут подвергаться атаке, которая делает службу или систему временно непригодными для клиентов или пользователей. Этот метод оказывает значительное финансовое влияние и поэтому является одной из наиболее распространенных угроз.
Повышение привилегий	Эта уязвимость часто возникает из-за отсутствия контроля доступа. Простой пользователь или клиент может повысить свои полномочия в системе, что дает им возможность свободного доступа к ограниченным или классифицированным активам.

Таким образом, на основе тщательного анализа параметров угроз определяются средства и инструменты обеспечения информационной безопасности [5, с.10].

Оригинальное решение, позволяющее защитить все серверы, а не только периметр и сегменты сети, было реализовано при интеграции FortiGate-VMX с платформой VMware NSX. В классических ЦОДах злоумышленник может выбрать в качестве цели один из «забытых» низкоприоритетных серверов. Если ему удастся проникнуть за защиту периметра и перехватить управление сервером, он длительное время может относительно свободно чувствовать себя внутри периметра и собирать информацию. Благодаря же связке технологии VMware NSX и решения FortiGate-VMX такая возможность для него закрывается, причем без значительного возрастания нагрузки на вычислительные мощности.

Также решения Fortigate обеспечивают дополнительную безопасность Cisco Application Centric Infrastructure (ACI) в условиях ориентированной на приложения инфраструктуры. Cisco ACI приобрело популярность в модели оказания облачных сервисов, делая их более

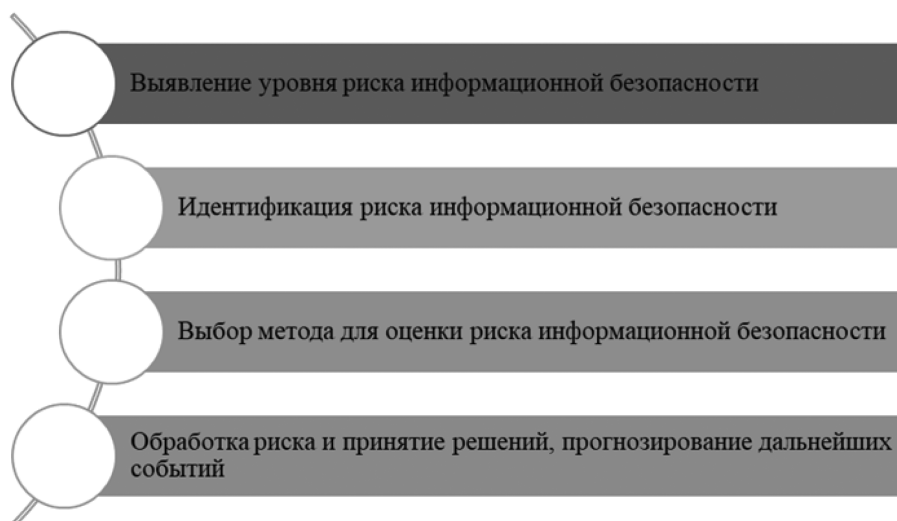


Рис. 3. Рекомендации по снижению рисков информационной безопасности в сетях SDN [Разработано автором]

гибкими. Традиционно вычислительные сети и сетевая безопасность жестко привязаны к оборудованию, что делает сложной настройку и повышает операционные расходы. Совместное решение Fortigate и Cisco позволяет автоматизировать обновления политик и повысить прозрачность безопасности.

В данной статье разработаны общие рекомендации по снижению рисков информационной безопасности в сетях SDN, которые представлены на Рисунке 3.

Считаем, что данные общие рекомендации могут быть полезными для многих предприятий и организаций, занимающимися вопросами обеспечения информационной безопасности. Они помогут не только определить величину риска и его значение на практике, но и спрогнозировать его возникновение в будущем, что по-

зволит разработать программу действий по его минимизации.

Заключение

Мировой рынок программных технологий растет очень быстрыми темпами из года в год. Благодаря использованию сетей SDN стало удобным решение многих вопросов в различных областях и сферах жизнедеятельности человека и общества. Тем не менее вместе с развитием и техническим прогрессом увеличиваются риски и угрозы информационной безопасности, которые приводят к ряду негативных последствий. Следовательно, рассмотренные в работе методы снижения рисков помогут своевременно справиться с данной проблемой, минимизировать последствия и сохранить занимаемое положение на рынке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балжинням Н., Лю Ю. SDN / программно-конфигурируемые сети / сравнительные исследования сети IP // Научная дискуссия: вопросы технических наук. 2017. № 2 (42). С. 78–85.
2. Мочалова Я.В. Стратегия развития малого и среднего бизнеса в регионах РФ // Пространственное развитие территорий. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. 2018. С. 393–396.
3. Макеев А.С. Основные аспекты управления рисками информационной безопасности // Молодой ученый. 2016. № 8 (112). С. 126–134.
4. Ошкина Е.В. Сетевая технология SDN (обзор, современные тенденции) // Технические науки: проблемы и перспективы. Санкт-Петербург: Свое издательство. 2017. С. 3–6.
5. Рытов М.Ю. Применение методологии STRIDE для определения угроз безопасности // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2019. №3. С. 10–18.

© Ван Синьюй (1179384407@qq.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ КЛАССИФИКАЦИИ ЛЕСНОГО МАССИВА ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ

NEURAL NETWORK MODEL OF FOREST CLASSIFICATION BASED ON SATELLITE IMAGERY DATA

*I. Evdokimova
I. Tulokhonova
G. Galdanov*

Summary. The article examines neural network models for classifying forests based on satellite images. Various neural network architectures, including convolutional, segmenting and residual networks, are considered, and the most appropriate ResNet-34 architecture is selected. Algorithms for cutting and assembling satellite images have been developed. The neural network model of forest classification was developed using the TensorFlow framework and the error back propagation method. The model was trained on a training sample using NVIDIA RTX 2060 Super GPUs.

Keywords: classification, forest, satellite images, loss function, neural network, model, Jacquard coefficient, markup, image slicing algorithm, result evaluation.

Евдокимова Инга Сергеевна

Доцент, к.т.н., ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский
государственный университет
технологий и управления»
evdinga@gmail.com

Тулохонова Инна Степановна

Доцент, к.п.н., ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский
государственный университет
технологий и управления»
istulokhonova@mail.ru

Галданов Гэсэр Жамбалович

ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный
университет технологий и управления»
geser.galdanov@mail.ru

Аннотация. В статье исследованы нейросетевые модели для классификации лесных массивов на основе спутниковых снимков. Рассмотрены различные архитектуры нейросетей, включая, сверточные, сегментирующие и остаточные сети, и выбрана наиболее подходящая архитектура ResNet-34. Разработаны алгоритмы нарезки и сборки спутниковых снимков. Нейросетевая модель классификации лесных массивов разработана с использованием фреймворка TensorFlow и метода обратного распространения ошибки. Обучение модели проводилось на обучающей выборке с использованием графических процессоров NVIDIA RTX 2060 Super.

Ключевые слова: классификация, лесной массив, спутниковые снимки, функция потерь, нейронная сеть, модель, коэффициент Жаккара, разметка, алгоритм нарезки изображения, оценка результата.

Введение

Лесные массивы играют важную роль в экосистеме планеты, предоставляя не только природные ресурсы, но и выполняя ключевые функции, такие как удержание углерода, поддержание биоразнообразия и защита почвы от эрозии. Поэтому разработка автоматизированных инструментов для классификации и мониторинга лесных участков на основе спутниковых снимков становится все более актуальной.

С появлением современных методов машинного обучения и глубокого обучения, нейросетевые модели стали мощным инструментом для решения сложных задач классификации и сегментации изображений. Нейросетевые модели обладают способностью автоматически извлекать сложные закономерности из спутниковых снимков и выявлять характеристики, связанные с классами лесного покрова. Сверточные нейронные сети (CNN) широко применяются в области компьютерного зрения и обработки изображений, и они демонстрируют высокую эффективность при классификации лесного массива на основе спутниковых снимков [1].

В свою очередь, точная классификация лесного массива на основе спутниковых снимков позволяет оценить динамику изменений лесного покрова, выявить проблемы в экосистеме, например, связанные с вырубкой леса или лесными пожарами, а также способствует разработке более эффективных мер по сохранению и управлению лесными ресурсами.

Таким образом, разработка нейросетевых моделей для классификации лесного массива на основе спутниковых снимков является актуальной и важной задачей, предоставляющей новые возможности для анализа лесного покрова и принятия обоснованных решений в области лесного хозяйства, экологии и других смежных областей.

Проблема распознавания лесного массива

Распознавание лесного массива может включать в себя несколько сложностей, связанных с обработкой изображений, анализом данных и особенностями окружающей среды. Приведем несколько потенциальных аспектов, которые могут представлять сложности:

- плотность и разнообразие растительности могут усложнить процесс распознавания, особенно если объекты перекрывают друг друга на изображении [4];
- зависимость от времени суток, погодных условий и сезонов может привести к изменениям в освещении и созданию теней, что затрудняет анализ изображений и выделение лесных областей;
- географические и климатические особенности приводят к тому, что алгоритмы распознавания могут потребовать адаптации к различным условиям;
- сезонные изменения: лес изменяет внешний вид в зависимости от времени года.

Предлагаемое решение — инновационная модель нейронной сети, разработанная для выполнения анализа изображений в ускоренном режиме.

Распознавание лесного массива с использованием нейросетевых моделей является сложным и многокомпонентным процессом, который включает в себя получение и обработку спутниковых изображений, создание и обучение нейросетевой модели, а также классификацию новых изображений. Этот подход позволяет достичь точности и эффективности в классификации лесных участков и имеет большой потенциал для применения в области геоинформатики, экологии и лесопользования.

Процесс работы модели основывается на глубоком обучении и высокоскоростных вычислениях, позволяющих модели быстро и точно анализировать сложные изображения и автоматически извлекать ключевые признаки из входного изображения, применять обученные алгоритмы классификации и распознавания для вывода подробных результатов анализа.

Описание модели нейронной сети и набора данных

В качестве действующей модели нейронной сети была выбрана остаточная нейронная сеть ResNet-34, которая представляет собой глубокую нейронную сеть, состоящую из общего числа 34 слоев, основной целью которой является повышение точности классификации изображений [1].

Основная структура ResNet-34 включает в себя следующие элементы:

Входной слой принимает входное изображение размером, соответствующим требованиям задачи. Обычно это RGB-изображение размером 224x224 пикселей.

Сверточные слои ResNet-34 выполняют операции свертки и пулинга для извлечения признаков из вход-

ного изображения, позволяя обнаруживать пространственные шаблоны, такие как границы, углы и текстуры.

Остаточные блоки нейросети состоят из нескольких сверточных слоев, где каждый блок имеет два ветвления: прямое соединение и сверточное соединение. Прямое соединение передает непосредственно выход предыдущего слоя в следующий блок, обеспечивая обмен информацией и устранение проблемы затухания градиентов. Сверточное соединение выполняет операции свертки для обработки признаков внутри блока [5].

После нескольких остаточных блоков следуют слои с понижением размерности, такие как, среднее пулинг или слой субдискретизации, которые уменьшают размерность карт признаков и сжимают информацию.

Полносвязные слои ResNet-34 принимают признаки после понижения размерности и выполняют классификацию на основе задачи, при этом последний полносвязный слой имеет количество выходных нейронов, соответствующее количеству классов для классификации.

Структура ResNet-34 является глубокой и сложной, позволяет извлекать и учиться представлять более абстрактные признаки изображений, что, несомненно, связано с достижением высокой точности классификации и хорошей обобщающей способности модели при анализе лесных массивов на основе спутниковых снимков (рис. 1).

Для подготовки наборов данных был проведен обзор источников спутниковых данных: Google Earth Engine, USGS Earth Explorer, Sentinel.

Google Earth Engine предлагает широкий спектр спутниковых данных, включая снимки различных спутников, таких как Landsat, Sentinel и MODIS. Эти данные охватывают большие территории и имеют различные временные разрешения, что позволяет анализировать изменения в лесном покрове на разных пространственных и временных масштабах.

USGS Earth Explorer является одним из ключевых источников геопространственных данных для исследования и анализа земной поверхности. Эти снимки могут быть использованы для анализа изменений в лесном покрове, оценки биологического разнообразия, мониторинга климатических изменений и других геоинформационных задач [2].

Использование USGS Earth Explorer в разработке нейросетевых моделей классификации лесного массива позволяет получить высококачественные спутниковые данные и интегрировать их в процесс обучения модели. Это способствует более точной классификации лесных

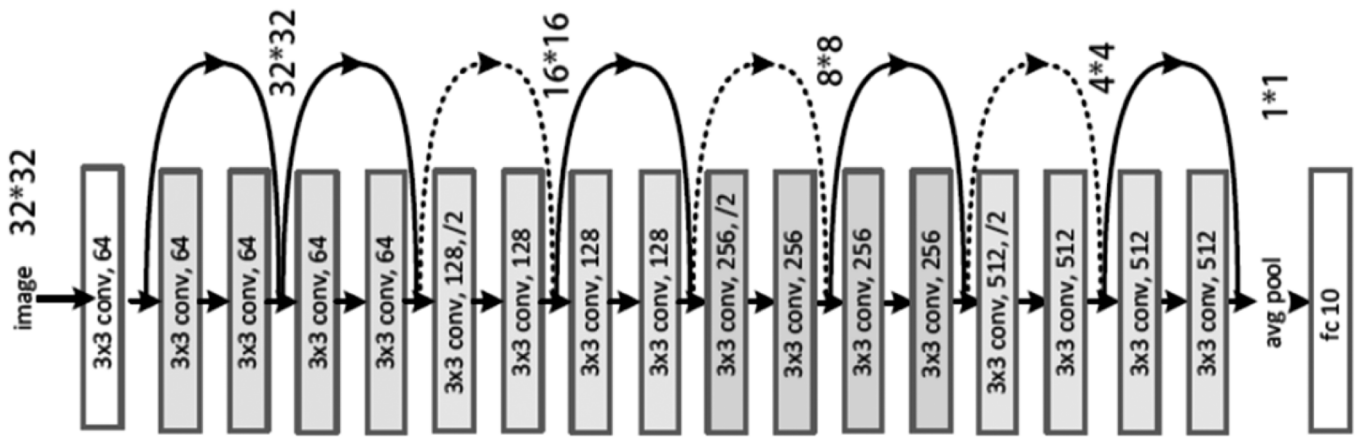


Рис. 1. Структура Resnet-34

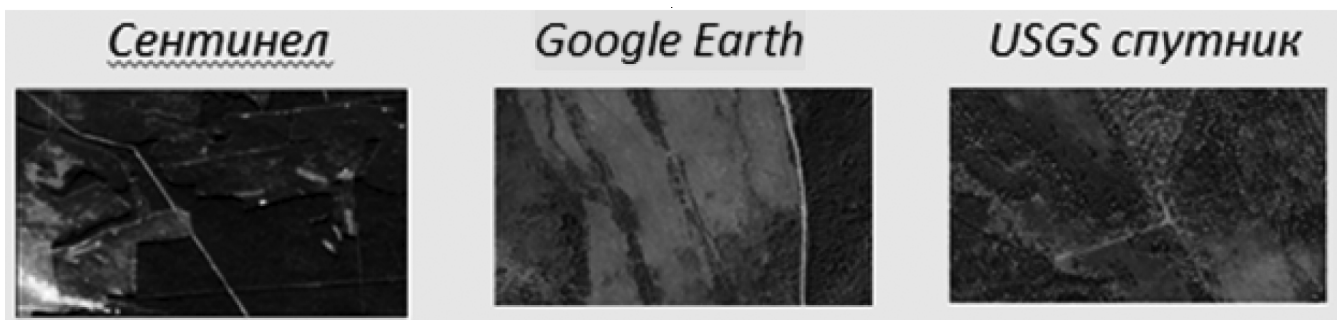


Рис. 2. Примеры спутниковых снимков

участков, а также обеспечивает актуальность и достоверность информации для мониторинга и управления лесными ресурсами.

Sentinel-2 является важным источником спутниковых данных для многих геопространственных приложений, включая анализ лесного покрова. Эта миссия спутниковой системы Copernicus предоставляет бесплатный доступ к высококачественным мультиспектральным изображениям, которые могут быть использованы для различных целей, включая классификацию лесного массива [2]. Данные от Sentinel-2 доступны через открытую платформу Copernicus Open Access Hub, что облегчает доступ и использование этих данных исследователями и специалистами в области геоинформатики (рис. 2) [3].

Модель и алгоритмы классификации лесного массива

Модель классификации лесного массива по спутниковым снимкам можно описать следующим образом:

$$KlassFor = \{NR, KIRez, Input, Activ, Output, CutImg, AssImg\}, \quad (1)$$

где *KlassFor* — множество данных и функций, применяемых для решения задачи классификации лесного массива.

NR — обученная нейронная сеть, способная распознавать на изображении классы из массива *KIRez*.

KIRez является результатом нейронной сети и показывает к какому классу относится локализованный на изображении фрагмент (2):

$$KIRez = [1: Береза, 2: Ель, 3: Лес, 4: не классифицированно] \quad (2)$$

В процессе распознавания и классификации каждому классу будет соответствовать своя цветовая разметка:

- Класс 1: Береза, цвет — зеленый;
- Класс 2: Ель, цвет — оранжевый;
- Класс 3: Лес, цвет — светло-синий;
- Класс 4: Нет классификации, цвет — белый.

Параметр *Input* включает входной снимок *X* и множество фрагментов исходного снимка *X*:

$$Input = \langle X, \{x_i, k_i\}; i = 1, n \rangle, \quad (3)$$

где x_i — фрагмент входного изображения размером 128x128 пикселей, полученный путем нарезки входного снимка на фрагменты; k_i — фрагмент маски изображения размером 128x128 пикселей; n — количество нарезанных фрагментов.

Функция *Activ* представляет собой алгоритм оптимизации ReLU (Rectified Linear Unit), который применяется для обучения моделей классификации, регрессии и других задач машинного обучения.

Алгоритм оптимизации ReLU использует функцию активации с нелинейным поведением, которая основана на принципе положительного значения. При этом все отрицательные значения заменяются на ноль, а положительные значения остаются без изменений. Формально, функция активации ReLU выражается следующим образом (4):

$$f(x) = \max(0, z), \quad (4)$$

где z — входной сигнал или взвешенная сумма входов модели перед применением функции активации.

Алгоритм классификации лесного массива по спутниковым снимкам включает следующие этапы (рис. 3):

- подготовка спутниковых снимков для анализа;
- обучение нейронной сети;
- применение нейронной сети для распознавания лесного массива на спутниковых снимках.

На первом этапе проводится разметка изображений, нарезка исходных изображений и нарезка полученных масок.

На втором этапе в нейронную сеть подаются нарезанные исходные изображения в паре с соответствующими масками. Далее обозначаются классы (1, 2, 3, 4) и параметры (весы, тренировочная и тестовая выборки) нейронной сети, происходит обучение сети, ее тестирование путем выбора случайного изображения из всего массива изображений и её маски.

На третьем этапе:

- анализируемое изображения фрагментируется на небольшие части;
- полученные части передаются нейронной сети;
- полученный результат сохраняется в виде небольших фрагментов (фрагменты сохраняются в изображение без цветов, например, лес синий, но по классу он 3, поэтому цвет у него 3, 3, 3 — это оттенок серого);
- собирается целое изображение, а распознанные изображения переводятся в необходимые цвета (если изображение было просто несколькими оттенками серого, то на этом шаге они превращаются в цвета);
- отображается итоговый результат классификации.



Рис. 3. Алгоритм модели классификации лесного массива по спутниковым снимкам

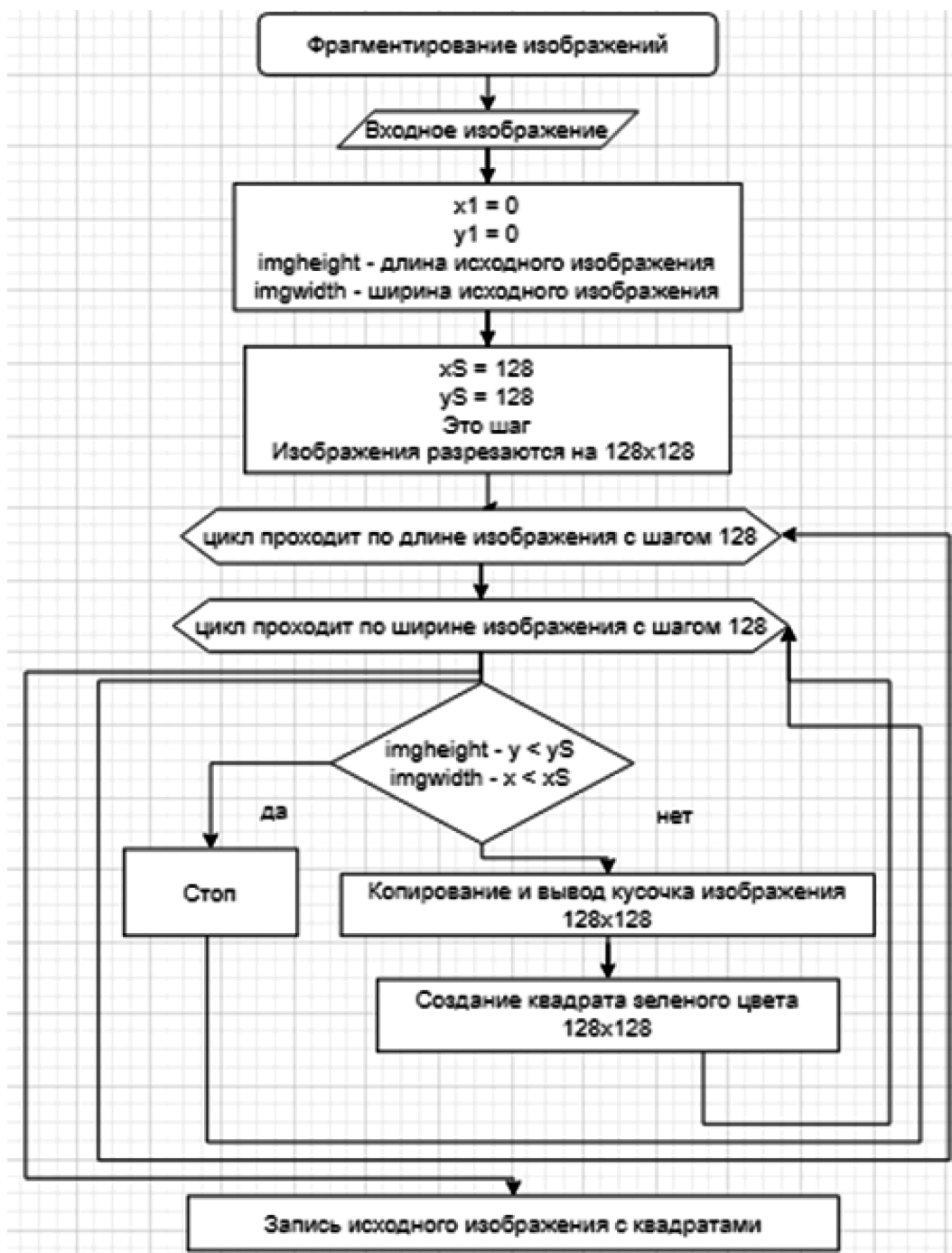


Рис. 4. Алгоритм нарезки изображения

Для повышения скорости и точности работы нейронной сети было принято решение нарезать изображения на более мелкие, размером 128x128 пикселей. Такой подход позволяет снизить сложность задачи классификации, улучшить распознавание мелких деталей и ускорить обработку изображений нейронной сетью. Также это позволяет справиться с ограничениями вычислительных ресурсов и позволяет обрабатывать большие объемы данных. Разработанный алгоритм нарезки изображений приведен на рисунке 4.

Сборка фрагментов локализованных масок и алгоритм компиляции в одно изображение представлены на рисунке 5.

Вычислительный эксперимент

В работе принято решение использовать кастомную функцию потерь, а именно комбинацию функций потерь Dice и Focal Loss.

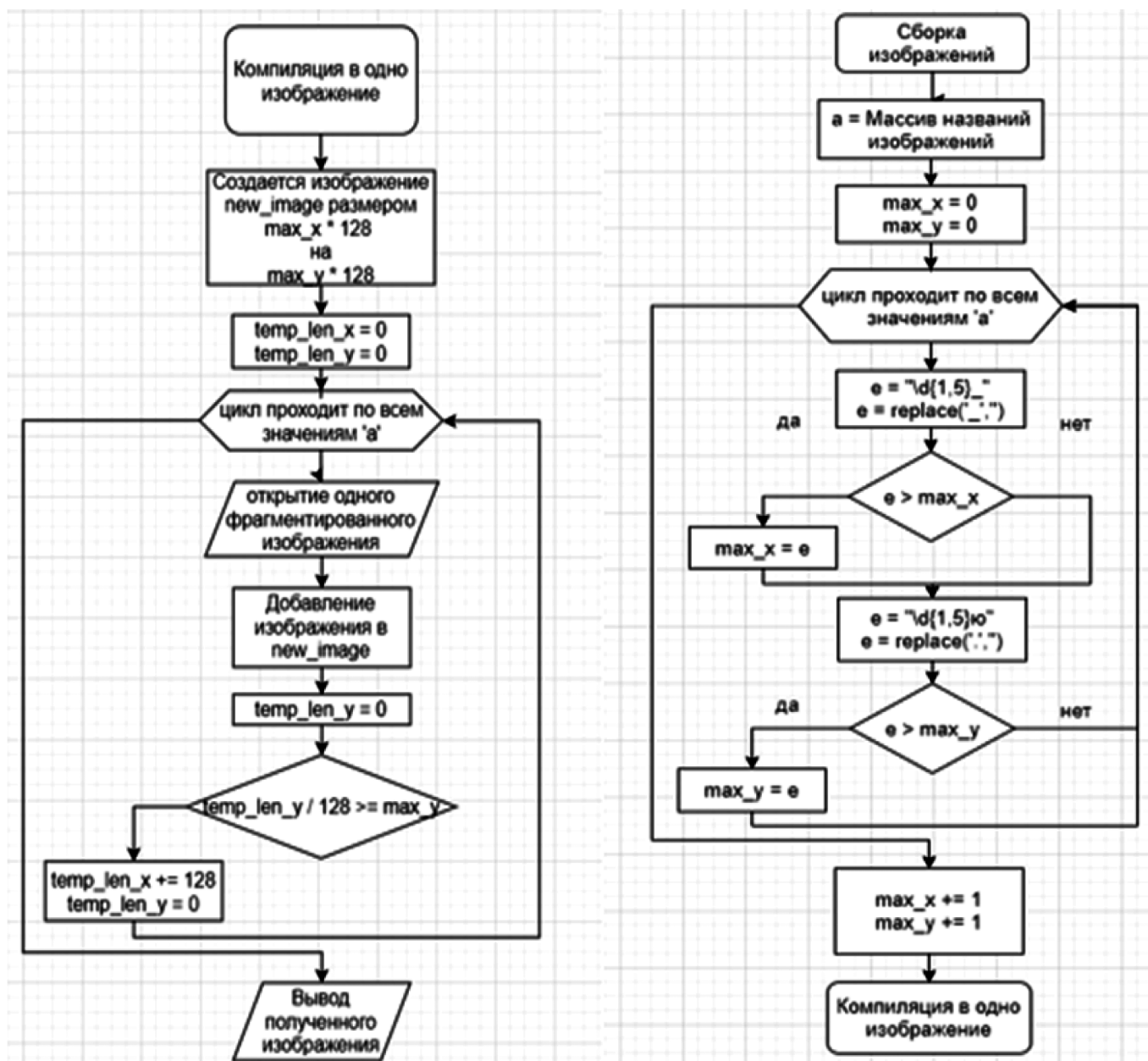


Рис. 5. Алгоритм сборки масок и компиляции изображения

В качестве основного механизма оценки эффективности выбранных параметров модели, функция потери является надежным индикатором производительности, что позволяет определить, насколько хорошо модель обучается и какие изменения вносятся с каждой эпохой обучения.

Таблица 1.

Влияние количества эпох на значение Total Loss

Тип эксперимента	50 эпох	70 эпох	100 эпох	120 эпох	150 эпох	180 эпох	200 эпох
Изменение параметров нейронной сети, количество эпох	0.267	0.183	0.151	0.162	0.202	0.212	0.219

Очевидно, изменения эпох являются важным аспектом обучения нейросетевой модели классификации лесного массива. Анализ этих изменений помогает определить оптимальные значения параметров модели и обеспечивает надежную оценку ее эффективности. Влияние количества эпох на значение Total Loss представлено таблицей 1.

Коэффициент Жаккара играет важную роль в оценке и оптимизации точности сегментации [6]. Улучшение этой метрики приводит к более точным и надежным результатам модели (табл. 2).

Вычислительный эксперимент представлен таблицей 3.

Таблица 2.

Параметры коэффektivности Жаккара

Название измененных значений	Значение коэффициента Жаккара
Loss комбинированная, нет категорической кроссэнтропии	0,75
Loss комбинированная с кроссэнтропией	0,755
Только focal loss	0,54
Dice loss + 5 focal loss	0,73
Dice loss + 1 focal loss	0,67
Dice loss + 5 focal loss + 40 эпох	0,71

В результате анализа полученных классов на изображениях можно сделать следующие выводы:

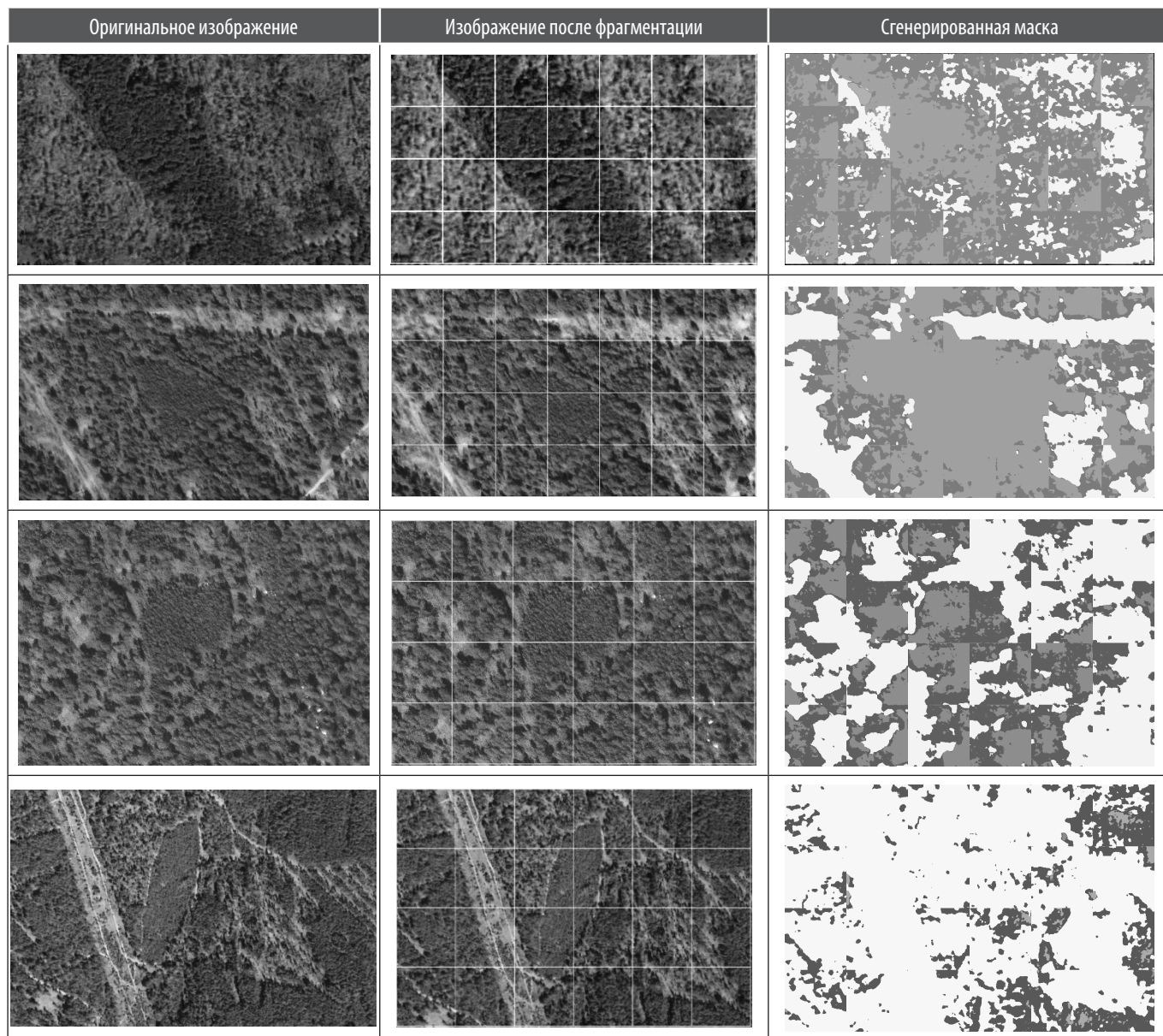
- нейронная сеть хорошо определяет изображения, когда лесной массив находится в ярком оттенке зеленого, при блеклом изображении считает, что это ель или не определяет ничего;
- нейронная сеть требует большей тренировки для определения березы;
- нейронная сеть очень хорошо определяет, есть ли растительность или она отсутствует на космоснимке.

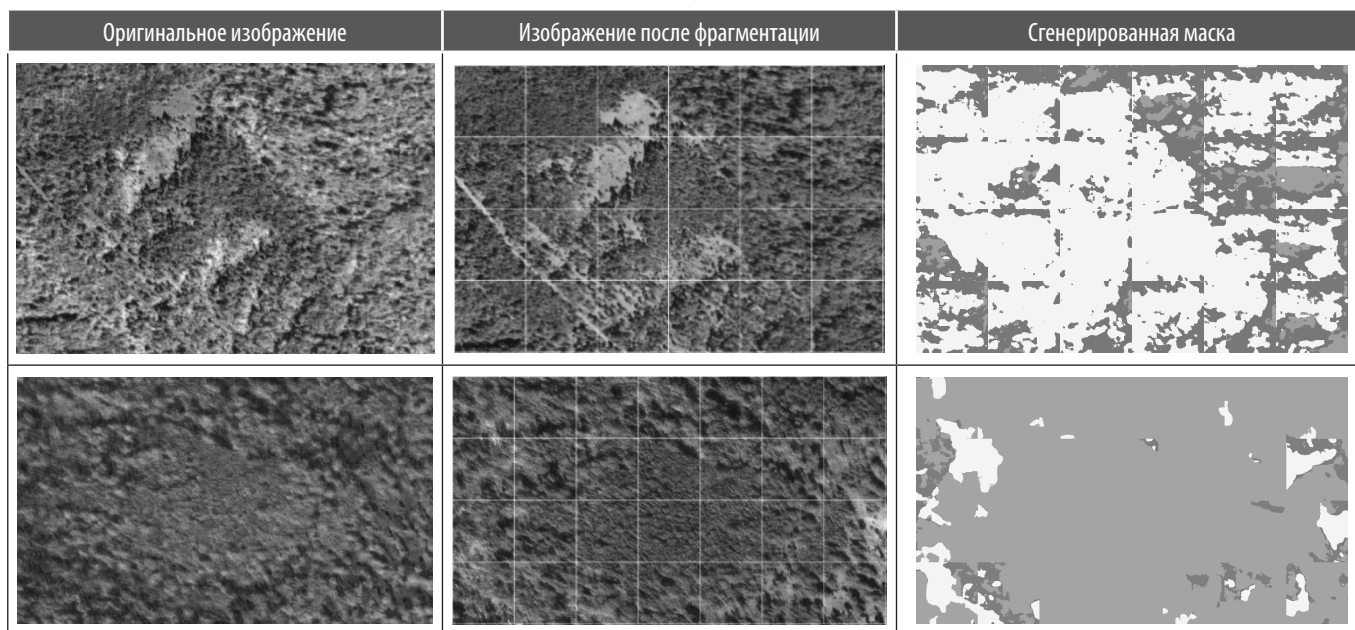
Заключение

В результате проведенных вычислительных экспериментов получена оценка эффективности и точности

Таблица 3.

Результат экспериментальных данных





разработанной нейросетевой модели классификации лесного массива на основе спутниковых снимков. Результаты классификации сравнены с другими методами и алгоритмами, что подтвердило конкурентоспособность разработанной модели.

Анализ результатов позволяет сделать выводы о достижении точности модели и ее способности классифицировать лесные участки. Разработанная нейросетевая модель классификации лесного массива является работоспособной и имеет место развития в дальнейшем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Inna Tulokhonova, Inga Evdokimova and Alexander Grigorenko. Neural network model for detection of changes in forest environment using multispectral images E3S Web of Conferences XI International Scientific and Practical Conference Innovative Technologies in Environmental Science and Education (ITSE-2023 Volume 431(2023).
2. USGS Earth Explorer: База данных высококачественных спутниковых данных. — URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/?>. (дата обращения 24.05.2023)
3. Copernicus: База данных изображений спутников Sentinel. — URL: <https://dataspace.copernicus.eu> (дата обращения 24.09.2023)/
4. Погonyшев В.А., Погonyшева Д.А., Торииков В.Е. Нейронные сети в цифровом сельском хозяйстве // Вестник ФГОУ ВПО Брянская ГСХА. 2021. №5 (87). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/neyronnye-seti-v-tsifrovom-selskom-hozyaystve> (дата обращения: 01.12.2023).
5. Бычков И.В., Ружников Г.М., Федоров Р.К., Попова А.К., Авраменко Ю.В. О классификации космических снимков Sentinel-2 нейронной сетью ResNet-50 // КО. 2023. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-klassifikatsii-kosmicheskikh-snimkov-sentinel-2-neyronnoy-setyu-resnet-50> (дата обращения: 01.10.2023).
6. Соловьев Р.А., Тельпухов Д.В., Кустов А.Г. Автоматическая сегментация спутниковых снимков на базе модифицированной сверточной нейронной сети UNET // ИВД. 2017. №4 (47). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomaticheskaya-segmentatsiya-sputnikovyyh-snimkov-na-baze-modifitsirovannoy-svyortchnoy-neyronnoy-seti-unet> (дата обращения: 05.11.2023).

© Евдокимова Инга Сергеевна (evdinga@gmail.com); Тулохонова Инна Степановна (istulokhonova@mail.ru);

Галданов Гэсэр Жамбалович (geser.galdanov@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОПОЛНЕННОЙ И ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ОБРАЗОВАНИИ

THE USE OF AUGMENTED AND VIRTUAL REALITY IN EDUCATION

V. Zhiganov

Summary. This article is devoted to the transformational impact of augmented reality (AR) and virtual reality (VR) simulations on vocational education. The literature review, which includes foreign and Russian points of view, examines various options for using these technologies in education. The results highlight the positive impact on learning outcomes and skill acquisition. At the end of the article, recommendations for teachers are provided, emphasizing the need for strategic integration and ongoing research to fully exploit the potential of augmented and virtual technologies in professional training.

Keywords: virtual reality, augmented reality, vocational education, simulation, learning outcomes, skill acquisition, educational technologies, immersive learning, pedagogy.

Жиганов Владимир Павлович

Аспирант,

ОЧУВО «Московский инновационный университет»

nata_andreevna@list.ru

Аннотация. Данная статья посвящена трансформационному влиянию симуляций дополненной реальности (AR) и виртуальной реальности (VR) на профессиональное образование. В обзоре литературы, включающем зарубежные и российские точки зрения, рассматриваются различные варианты применения данных технологий в образовании. Полученные результаты подчеркивают положительное влияние на результаты обучения и приобретение навыков. В конце статьи приводятся рекомендации для преподавателей, подчеркивающие необходимость стратегической интеграции и постоянных исследований для полного использования потенциала технологий дополненной и виртуальной в профессиональном обучении.

Ключевые слова: виртуальная реальность, дополненная реальность, профессиональное образование, симуляция, результаты обучения, приобретение навыков, образовательные технологии, иммерсивное обучение, педагогика.

Введение

Современное общество ощущает значительное воздействие информационных компьютерных технологий, которые уже проникли в практически все сферы человеческой деятельности, включая образование. Примером такой передовой технологии является виртуальная реальность, представляющая собой виртуальный мир, созданный с использованием технических и программных средств. Технологии дополненной реальности (AR) и симуляции виртуальной реальности (VR) стали ключевым инструментом в перестройке профессионального образования, которое сейчас переживает переломный момент ввиду стремительной перестройки технологической парадигмы и подходов к приобретению прикладных навыков. В данной статье проводится углубленный обзор литературы, в котором обобщены материалы зарубежных и российских авторов, что позволяет получить полное представление о влиянии и применении данных технологий в профессиональном обучении.

Основные результаты

Понятие иммерсивной технологии появилось 50 лет назад, когда был создан первый прототип иммерсивного человеко-компьютерного взаимодействия «Man-Machine Graphical Communication System» [1]. Но в последние десятилетия ученые придерживаются разных мнений относительно определения иммерсивных

технологий. Например, Слейтер [2] рассматривает иммерсивную технологию как технологию, которая предоставляет пользователям высокое качество или объем сенсорной информации. Эти исследователи сосредоточились на качестве и количестве сенсорной информации, получаемой пользователями. С другой стороны, Ли, Чанг и Ли [3] воспринимают иммерсивные технологии как технологии, которые делают грань между реальным и виртуальным миром размытой, создавая ощущение погружения. AR (Augmented Reality) используется в сочетании с реальной средой. Она подразумевает концепцию отображения цифровых данных на экране в реальной обстановке. Виртуальная среда, с другой стороны, представляет собой мир, полностью состоящий из виртуальных объектов, расположенных по другую сторону спектра [4]. VR (Virtual Reality) часто рассматривается как пример этого явления. Дополненная виртуальность же (Augmented Virtuality), которая находится между виртуальной средой и AR, относится к концепции дополнения отображения виртуальной среды реальными объектами. Далее мы сосредоточимся только на технологиях дополненной и виртуальной реальности.

Дополненная реальность (AR) — это технология, которая улучшает окружающую нас реальную среду путем наложения на нее сгенерированного компьютером контента, которая может быть использована для широкого профессионального применения в различных областях, включая здравоохранение, производство, образование и розничную торговлю. В настоящее время организации

используют AR для повышения безопасности сотрудников, предоставляя виртуальные симуляторы обучения и визуализируя работу оборудования еще до его производства. С другой стороны, виртуальная реальность (VR) — это передовая технологическая инновация, которая произвела революцию в том, как мы воспринимаем и взаимодействуем с цифровыми средами. Используя передовую компьютерную графику, датчики движения и технологии отображения, VR позволяет пользователям погрузиться в яркие реалистичные симуляции реальных или воображаемых миров. VR доказал свою неопределимость в различных отраслях, таких как игры, образование, здравоохранение, недвижимость и многих других средах. Хотя AR и VR могут показаться похожими, это две разные технологии с разными целями. VR погружает пользователей в совершенно новую цифровую среду, обеспечивая интерактивный опыт с помощью гарнитуры или очков. AR дополняет реальное окружение, накладывая на него цифровые объекты, дополняя его дополнительной информацией или расширяя его функциональность.

Дополненная и виртуальная реальность (AR & VR) — два самых инновационных технологических достижения в современном мире, и их потенциал для улучшения системы образования огромен. Использование дополненной реальности (AR) и виртуальной реальности (VR) в образовании растет в последние годы и предоставляет широкие возможности для использования технологий в обучении [5]. AR и VR знакомят студентов с иммерсивным цифровым опытом, который невозможно воспроизвести с помощью традиционных методов обучения, позволяя им лучше усваивать сложный материал, не ограничиваясь лекциями и учебниками, а преподавателям — адаптировать контент под индивидуальный стиль обучения [6]. Эти технологии не только позволяют создать более полное погружение в процесс обучения, но и дают возможность преподавателям проводить симуляции и виртуальные полевые экскурсии без физических затрат [7]. Кроме того, использование инновационных технологий, таких как AR и VR, позволяет преодолеть разрыв между традиционным обучением в классе и реальным опытом, обеспечивая ощутимые преимущества для профессионального развития учащихся.

Результаты проведенных исследований [8] выявили следующие преимущества использования виртуальной реальности в образовании:

1. Повышение мотивации учащихся за счет их более глубокого вовлечения в процесс изучения материала. Это достигается путем интерактивного взаимодействия пользователей с виртуальным пространством.
2. Создание ситуации активного познания материала для обучающихся. Возможность выбора траектории получения информации и самостоятель-

ного взаимодействия с объектами виртуальной среды.

3. Доступность современных устройств виртуальной реальности с точки зрения стоимости и простоты управления. Виртуальные реальности, основанные на смартфонах, позволяют использовать их не только в учебных заведениях, но и дома.
4. Визуализация контента, который обычно трудно воспринимать в обычных условиях. Это включает виртуальные путешествия по разным точкам планеты, погружение в микромир, а также виртуальные посещения космических объектов.

Кроме того, технологии AR и VR дают ряд преимуществ онлайн-обучению и смешанному обучению, например, позволяют погрузиться в учебный процесс и создать более увлекательную среду обучения. AR и VR можно использовать для создания виртуальных миров и симуляций, которые позволяют студентам исследовать и взаимодействовать с реальной средой, не покидая классной комнаты. Кроме того, AR и VR можно использовать для создания интерактивного и увлекательного контента, например, 3D-изображений и видео, что поможет эффективно увлечь студентов. Технология виртуальной реальности способна дополнять как традиционные учебные занятия в школах и вузах, так и эффективно поддерживать процессы дистанционного обучения. В силу возможностей виртуальной реальности учащимся уже не обязательно присутствовать физически в учебных заведениях. Они могут удаленно участвовать в уроках, взаимодействуя с другими учениками. Преподаватель может отслеживать присутствие студентов, обсуждать их успехи и предоставлять информацию более доступным и понятным образом. Проведение практических занятий становится более эффективным, поскольку преподаватель может одновременно контролировать несколько учеников. Кроме того, виртуальная реальность предоставляет обширные возможности для самообучения, поскольку в интернете доступно обилие виртуальных лекций, интерактивных фильмов и симуляторов.

Имеет особенное значение использование технологий виртуальной реальности в обучении профессиям, где работа с реальными устройствами и механизмами сопряжена с повышенным риском или значительными затратами. Примерами таких профессий могут быть пилоты самолетов, машинисты поездов, диспетчеры, а также обучение вождению в автошколах и подобные области. В этом контексте особое внимание следует уделять качеству системы визуализации, поскольку визуальное представление должно быть максимально достоверным.

Кроме того, AR и VR можно использовать для создания интерактивного учебного опыта, позволяющего студентам исследовать и взаимодействовать с 3D-объектами

таким образом, который невозможен в физическом мире. Студенты могут использовать AR для просмотра 3D-модели объекта и изучения его под разными углами или использовать VR для изучения интерактивной среды. Технологии AR и VR также используются для создания опыта для студентов с особыми потребностями, обеспечивая им безопасную и увлекательную среду обучения. Например, AR и VR можно использовать для создания симуляций сложных задач, таких как переход через оживленную улицу или посещение продуктового магазина, что позволяет учащимся практиковаться и приобретать уверенность в себе в безопасной среде. Быстрое изменение и развитие технологий, включая AR и VR, увеличило их применение на различных рынках, включая образование, и создало больше рабочих мест [9].

Использование технологий дополненной реальности (AR) и виртуальной реальности (VR) вызвало значительный интерес в сфере образования, обещая революционизировать процесс обучения. Однако успешная интеграция AR и VR в образование сопряжена с рядом проблем, которые будут рассмотрены далее:

1. Технические ограничения

Одна из главных проблем при внедрении AR и VR в образование заключается в технических ограничениях, связанных с требованиями к аппаратному и программному обеспечению. Образовательные учреждения, особенно с ограниченными ресурсами, могут столкнуться с трудностями в приобретении и обслуживании необходимых устройств и систем. Проблемы совместимости, обновления программного обеспечения и необходимость в высокопроизводительной вычислительной инфраструктуре представляют собой существенные препятствия, которые необходимо решить для беспрепятственной интеграции [10].

2. Педагогические соображения

Хотя AR и VR предлагают захватывающий опыт, интеграция этих технологий в педагогическую практику требует продуманного подхода. Разработка эффективного опыта обучения требует баланса между технологиями и педагогикой. Педагоги должны решать вопросы, связанные с разработкой контента, согласованием учебных программ и обеспечением того, чтобы использование AR и VR усиливало, а не отвлекало от целей обучения.

3. Подготовка и поддержка учителей

Для успешного внедрения AR и VR в учебные классы преподавателям необходимо соответствующее обучение и постоянная поддержка. Многие учителя могут быть не знакомы с техническими тонкостями этих технологий или с тем, как эффективно интегрировать их

в свои методы обучения. Программы повышения квалификации и постоянная поддержка необходимы для того, чтобы педагоги могли использовать AR и VR для улучшения результатов обучения.

4. Вопросы этики и конфиденциальности:

Технологии AR и VR часто предполагают сбор и обработку конфиденциальных данных, что вызывает этические проблемы и проблемы конфиденциальности. Образовательные учреждения должны решать вопросы, связанные с безопасностью данных, информированным согласием и ответственным использованием информации о студентах. Нахождение баланса между технологическими инновациями и защитой частной жизни — это постоянная задача, требующая тщательного рассмотрения.

Внедрение технологий дополненной (AR) и виртуальной реальности (VR) в образовательную систему Российской Федерации находится на начальном этапе. Этот процесс является одним из приоритетов правительства РФ в рамках инновационных технологий, что подтверждается информацией из паспорта федерального проекта национальной программы «Цифровая экономика» под названием «Кадры для цифровой экономики». Одной из основных целей данного проекта является формирование сети центров цифровой трансформации университетов и развитие учащихся по индивидуальным траекториям с применением инновационных технологий [11].

Заключение

Технологии дополненной и виртуальной реальности обладают значительным потенциалом при интеграции в образовательные программы. Эффективность VR- и AR-решений подтверждена многочисленными исследованиями как в Российской Федерации, так и за рубежом. Реальное применение этих технологий также достигает высоких результатов: обучающиеся проявляют большую активность в учебном процессе и лучше усваивают предоставленную информацию, так как получают возможность применять ее практически в ходе обучения.

В условиях поддержки инновационных технологий в образовательном процессе на уровне Российской Федерации, таких как программы «Цифровая экономика» и «Образование», применение VR и AR на всех уровнях образования, включая высшую школу, представляется не только перспективным, но и реализуемым проектом. Однако на данный момент большинство российских высших учебных заведений не разрабатывают и не внедряют программы по использованию AR и VR в обучении иностранным языкам, в основном ограничиваясь естественнонаучными предметами.

Среди проблем, мешающих внедрению этих технологий, следует выделить высокую стоимость технического оборудования, технические ограничения, недостаток квалифицированных кадров, грамотное совмещение с традиционными методами преподавания, а также вопросы этики. Также вопрос внедрения данных технологий требует дополнительного исследования. Актуальными являются вопросы о воздействии виртуальных

шлемов и очков на психическое состояние обучающихся, а также возможного технотресса у различных категорий учащихся. Необходимо также провести анализ того, как преподаватели воспринимают использование элементов виртуальной и дополненной реальности в учебных материалах, а также оценить их подготовку и готовность работать с такими технологиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sutherland I.E. Sketchpad: A man-machine graphical communication system //Proceedings of the May 21–23, 1963, spring joint computer conference. — 1963. — С. 329–346.
2. Slater M. Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments //Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. — 2009. — Т. 364. — №. 1535. — С. 3549–3557.
3. Lee H.G., Chung S., Lee W.H. Presence in virtual golf simulators: The effects of presence on perceived enjoyment, perceived value, and behavioral intention //New media & society. — 2013. — Т. 15. — №. 6. — С. 930–946.
4. Tang Y.M. et al. Application of virtual reality (VR) technology for medical practitioners in type and screen (T&S) training //Journal of Computer Assisted Learning. — 2021. — Т. 37. — №. 2. — С. 359–369.
5. Tan Y. et al. Augmented and Virtual Reality (AR/VR) for Education and Training in the AEC Industry: A Systematic Review of Research and Applications //Buildings. — 2022. — Т. 12. — №. 10. — С. 1529.
6. Childs E. et al. An overview of enhancing distance learning through augmented and virtual reality technologies //arXiv preprint arXiv:2101.11000. — 2021.
7. Seidametova Z.S., Abduramanov Z.S., Seydametov G.S. Using augmented reality for architecture artifacts visualizations. — CEUR Workshop Proceedings, 2021.
8. Akçayır M., Akçayır G. Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature // Educational Research Review. 2017. Vol. 20. P. 1–11.
9. Verma A. et al. An examination of skill requirements for augmented reality and virtual reality job advertisements //Industry and Higher Education. — 2023. — Т. 37. — №. 1. — С. 46–57.
10. К вопросу о применении технологии виртуальной и дополненной реальности в образовании / Л.В. Курзаева, О.Е. Масленникова, Е.И. Белобородов, Н.А. Копылова // Современные проблемы науки и образования. — 2017. — No 6.
11. Паспорт федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» // Министерство цифрового развития Российской Федерации. — 2019. — URL: <https://digital.gov.ru/uploaded/files/pasport-federalnogo-proekta-kadryi-dlya-tsifrovoj-ekonomiki.pdf> (дата обращения 29.11.2023).

© Жиганов Владимир Павлович (nata_andreevna@list.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕКУЩЕГО И ПРОГНОЗИРУЕМОГО СОСТОЯНИЯ ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

METHODOLOGY FOR STUDYING THE CURRENT AND PREDICTED STATE OF THE ERGATIC SYSTEM

V. Zababurin

Summary. The relevance of the problem of managing the state of the ergatic system is formulated. A hypothetical control subsystem is identified that ensures the safe state of the system under study. The essential variables of the ergatic system under study are determined: its target function, organizational structure, parameters of disturbing flows and the law of distribution of their intensity. The initial conditions for quantitative determination of the intensity of disturbances in the system are formulated. A formalized mathematical apparatus for analyzing and predicting the states of the ergatic system has been developed by determining its discrete states. Predictive filters were constructed for each time series of limiting probabilities of states of the system under study. The main advantages of the polynomial description of the line of behavior of the system under study are formulated. Ways have been proposed for the practical implementation of the methodology for studying the current and predicted states of the ergatic system under the conditions of the functioning of hazardous production facilities.

Keywords: ergatic system, research methodology, system analysis, system state, objective function, marginal probability, dangerous state, time interval, polynomial, system of equations.

Забабурин Владимир Михайлович

Доцент, кандидат технических наук, доцент,
Южно-Российский государственный политехнический
университет (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск
zababurin64@mail.ru

Аннотация. Сформулирована актуальность проблемы управления состоянием эргатической системы. Выделена гипотетическая управляющая подсистема, обеспечивающая безопасное состояние исследуемой системы. Определены существенные переменные исследуемой эргатической системы: ее целевая функция, организационная структура, параметры возмущающих потоков и закон распределения их интенсивности. Сформулированы исходные условия для количественного определения интенсивности возмущений в системе. Разработан формализованный математический аппарат анализа и прогнозирования состояний эргатической системы с помощью определения ее дискретных состояний. Построены прогнозирующие фильтры для каждого временного ряда предельных вероятностей состояний исследуемой системы. Сформулированы основные достоинства полиномиального описания линии поведения исследуемой системы. Предложены пути практической реализации методики исследования текущих и прогнозируемых состояний эргатической системы в условиях функционирования опасных производственных объектов.

Ключевые слова: эргатическая система, методика исследования, системный анализ, состояние системы, целевая функция, предельная вероятность, опасное состояние, интервал времени, полином, система уравнений.

Введение

Эргатические системы нашли широкое применение в современной науке и практике. Вследствие «открытости» и наличия «человеческого фактора» в таких системах уровень стохастичности динамики их текущих состояний достаточно высок. Это, в свою очередь, ведет к росту вероятности появления опасных состояний системы и снижению ее устойчивости. В связи с этим проблема управления состоянием эргатической системы является актуальной и требует оперативных действий. На наш взгляд, решить эту проблему можно с позиции системности путем последовательного определения дискретных состояний системы с последующим построением прогнозирующих фильтров для каждого временного ряда предельных вероятностей состояний исследуемой системы.

Определение исследуемой системы

Для решения сформулированной выше проблемы в работе предусмотрен системный подход. Как известно,

в общем виде системный анализ состоит из следующих этапов:

- постановка задачи;
- структуризация системы;
- построение и исследование модели [1].

С учетом этого представим цепь рассуждений, начиная с определения исследуемой системы. Под системой будем понимать множество объектов, которые обладают заранее определенными свойствами с фиксированными между ними отношениями [2]. В соответствии с рекомендациями [3]: «Вещи t образуют систему относительно заданного отношения R и свойства P , если в этих вещах существуют свойства P , находящиеся в отношении R ». В символах алгебры логики это утверждение выглядит следующим образом:

$${}^{(m)}S_n = \text{Def} [R(P_n) \bar{\&} ({}^{(m)}P_n)]$$

Приведенное утверждение позволяет выделить в эргатической системе гипотетическую подсистему, отличающуюся от основной системы.

тельной чертой которой является наличие в ней таких свойств P и отношений R , которые удерживают систему от перехода из области безопасных $(m)S_{\eta}$ в область опасных $(m)S_{\chi}$ состояний под воздействием внешних возмущений среды. Далее такую подсистему будем называть «управляющей», поскольку, функционируя в рамках эргатической системы, она контролирует некоторую группу ее параметров, стремясь удержать их в зоне безопасных состояний. Определить управляющую подсистему можно как совокупность средств и способов обеспечения безопасного состояния эргатической системы в процессе ее функционирования.

Определение существенных переменных

С целью идентификации целевой функции управляющей подсистемы прежде всего следует определить ее существенные переменные, т.е. аргументы таких событий, функции которых характеризуют текущее состояние системы. Множество аргументов должно представлять группу независимых событий. Совокупность n функций таких аргументов в n -мерном пространстве с вероятностью P_i определит линию поведения системы [4]. Функции могут иметь непрерывный характер или иметь ряд дискретных значений. Линия поведения системы во времени определится последовательностью состояний и временными интервалами между ними. Состояния системы могут быть представлены в фазовом пространстве в виде репрезентативной точки, координаты которой соответственно равны значениям переменных.

В качестве существенных переменных целесообразно принять совокупность причин и условий, формирующих потоки возмущений, которые в свою очередь, ведут к переходу системы из состояния $(m)S_{\eta}$ в состояние $(m)S_{\chi}$. С учетом этого условия целевая функция управляющей подсистемы заключается в определении качественных и количественных характеристик параметров эргатической системы, влияющих на уровень ее устойчивости, и разработке комплекса действий, удерживающих значения этих параметров в зоне оптимальной функциональности.

В ранее опубликованной работе [5] было дано обоснование целевой функции и организационной структуры управляющей подсистемы с позиции причинной обусловленности событий.

Определение параметров возмущающих потоков

Для построения адекватной математической модели важным моментом является выбор метода исследования количественной характеристики динамики возмущающих воздействий. Статистической характеристикой результатов воздействия на исследуемую систему возмущающих факторов являются такие состояния некото-

рой m_i группы элементов системы, при которых они приобретают опасные свойства P_{χ} . Случаи перехода системы из безопасного состояния

$$(m)S_{\eta} = \text{Def} [R(P_{\eta}) \bar{\&}(m)P_{\eta}]$$

в опасное

$$(m)S_{\chi} = \text{Def} [R(P_{\eta,\chi}) \bar{\&}(m_i)P_{\eta} \&(m_j)P_{\chi}],$$

где P_{η} — свойство системы иметь безопасные характеристики; P_{χ} — свойство системы иметь опасные характеристики, могут быть зафиксированы в виде условных отказов.

Для количественного определения интенсивности возмущений, действующих в исследуемой системе, формулируются следующие исходные условия:

- Принимается условная приведенная единица времени \bar{t}_i ;
- Случаи опасного состояния системы $(m)S_{\chi}$ равномерно распределены между всеми условными единицами времени;
- Продолжительность опасного состояния системы ограничена длиной единичного интервала времени \bar{t}_i ;
- Потоки событий, переводящие систему из безопасного $(m)S_{\eta}$ в опасное $(m)S_{\chi}$ состояние, согласованные с условным временем, будем называть потоками возмущений.

Принятые условия дают возможность представить линию поведения управляющей подсистемы в виде непрерывного ряда временных интервалов, каждый из которых характеризуется дискретными состояниями.

Если принятую длину интервала времени τ выразить через единичный интервал времени \bar{t}_i как

$$\tau = m \cdot \bar{t}_i,$$

где m — количество приведенных единиц времени на длине интервала, то интенсивность потоков возмущений можно определить как отношение опасных состояний системы n за период τ к числу условных единиц времени m , содержащихся в этом периоде

$$\chi = \frac{n}{m}$$

Исследованиями установлено, что в анализируемой системе вероятность одновременного появления двух и более событий равна нулю, а также отсутствует функциональная связь между частотами появления различных причин смены состояний системы. В связи с этим можно утверждать, что потоки событий, приводящих

к появлению опасных состояний эргатической системы, обладают свойствами стационарности, ординарности и характеризуются отсутствием последействия [6]. Это дает основание отнести их к категории простейших пуассоновских потоков. В соответствии с законом Пуассона [7]: вероятность попадания на некоторый участок времени t , взятый на временной оси, равна m событий и выражается формулой

$$P_m = \frac{\lambda^m}{m!} e^{-\lambda},$$

где λ — среднее число событий, происходящих на участке t .

Определение состояний системы в предыстории

Процесс последовательной смены текущих состояний исследуемой системы представляет собой марковский случайный процесс с дискретными состояниями и непрерывным временем.

Следуя рекомендациям [8], определение дискретных состояний марковской цепи может быть сведен к следующему. Поскольку события, состоящие в том, что в момент времени t элементы системы находятся в состояниях S_1, S_2, \dots, S_n , несовместны и образуют полную группу, очевидно, что для любого t сумма вероятностей состояний равна единице:

$$\sum_{i=1}^n P_i(t) = 1$$

С целью определения вероятности состояний $P_1(t), P_2(t), \dots, P_n(t)$ для любого t необходимо дать количественную характеристику процессу, под воздействием которого система переходит из одного состояния в другое. Используем для этого значение плотностей вероятности перехода λ_{ij} , определяемое как предел отношения вероятности перехода системы из состояния S_i в состояние S_j к длине промежутка времени Δt :

$$\lambda_{ij} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_{ij}(\Delta t)}{\Delta t}$$

где $P_{ij}(\Delta t)$ — вероятность того, что система, находившаяся в момент t в состоянии S_i , за время Δt перейдет в состояние S_j .

При малом Δt с точностью до бесконечно малых порядков

$$P_{ij}(\Delta t) \approx \lambda_{ij} \Delta t$$

Таким образом, характеристикой состояния исследуемой системы будут значения вероятностей появления каждого состояния системы $P_i(t)$ в данный момент времени t .

Для оценки и формализованного описания состояния системы воспользуемся системой дифференциальных уравнений Колмогорова в матричной форме:

$$\frac{dP}{dt} = AP$$

где $P = (P_0, P_1, P_2, \dots, P_n)$ — вектор вероятностей состояний системы; A — матрица плотностей вероятностей переходов [9].

В результате интегрирования такой системы уравнений получим искомые вероятности ее состояния как функции времени. Начальные условия выбираются в зависимости от того, в каком начальном состоянии была система S . Если в начальный момент (при $t = 0$) система находилась в состоянии S_1 , то начальные условия будут: $P = 1; P_2 = P_3 = \dots = P_n = 0$.

Поскольку все интенсивности возмущающих потоков, в соответствии с принятыми условиями постоянны, очевидно, при $t = \infty$ в исследуемой системе устанавливается некоторый предельный стационарный режим, который описывается предельными вероятностями состояний, не зависящими от времени.

Для вычисления всех предельных вероятностей системы (P_1, P_2, \dots, P_n) достаточно преобразовать систему дифференциальных уравнений Колмогорова, положив все левые части (производные) равными нулю, в систему линейных алгебраических и решить ее с учетом так называемого «нормировочного условия» — $\sum P_i = 1$.

В нашем случае появление опасного состояния является одним из выходов системы. Всех выходов может быть:

$$E \subset \{E_0 + E_1 + \dots + E_n\},$$

где E_0 — совокупность множества объективно безопасных выходов системы; E_1, E_2, \dots, E_n — множества выходов системы, представляющих опасные состояния, которые могут появиться под действием 1, 2, ..., n причин.

С учетом этого предельные вероятности появления опасных состояний по отдельным причинам могут служить критерием количественной и качественной характеристик функционирования управляющей подсистемы. При этом «автоматически» будут учитываться все возможные связи между элементами ее структуры и внешней средой.

Определение прогнозируемого состояния системы

Линия поведения исследуемой системы во времени не стабильна из-за стохастического характера возмуще-

ний. В связи с этим решение непрерывной цепи Маркова целесообразно свести к анализу динамики эмпирических значений параметров системы и построению прогнозирующего фильтра, учитывающего результаты такого анализа.

Полученные в результате решения уравнений дискретные значения $Y_i = P_i$ на временной оси могут быть представлены в виде эмпирических кривых. Значения случайной величины могут быть определены через равные отрезки времени t . Задача определения функциональной зависимости $Y = f(t)$ в частном случае может быть сведена к нахождению непрерывной функции путем выравнивания статистической кривой методом наименьших квадратов с использованием ортогональных полиномов Чебышева:

$$f(t) = k_0\varphi_0(t) + k_1\varphi_1(t) + \dots + k_\lambda\varphi_\lambda(t),$$

где $k_0, k_1, \dots, k_\lambda$ — коэффициенты ряда Чебышева; $\varphi_0(t), \varphi_1(t), \dots, \varphi_\lambda(t)$ — ортогональные полиномы Чебышева.

Полученная таким путем парабола степени λ представляет собой непрерывную функцию, с достаточной степенью достоверности отображающую динамику параметра ($Y = P$) на всем периоде предыстории исследуемой системы. Такую функцию можно экстраполировать для получения значений переменных в будущем с использованием полиномов вида

$$Y_{n+1}^k = A(aY_1 + bY_2 + \dots + mY_n),$$

где Y_1, Y_2, \dots, Y_n — дискретные значения переменной величины; n — количество точек сглаживания кривой.

Поскольку потоки событий, переводящих систему из состояния в состояние, независимы друг от друга, возможно построение прогнозирующих функций отдельно для каждого временного ряда предельных вероятностей отдельных состояний системы.

Полиномиальное описание линии поведения исследуемой системы позволяет, на наш взгляд, более объективно оценить динамику воздействия на неё основных влияющих факторов и сделать краткосрочный прогноз для принятия оптимальных управляющих решений.

Выводы

Таким образом, использование современных методов исследования сложно-динамических систем позволяет разработать формализованный математический аппарат анализа и прогнозирования их текущих состояний. Разработанная методика исследования текущего и прогнозируемого состояния эргатической системы

может быть представлена в виде последовательности логических и математических операций и соответствующих способов их выполнения, представленных в табл.1.

Таблица 1.

Методика исследования, текущего и прогнозируемого состояния эргатической системы

№ п/п	Последовательность операций	Методы исследования. Способы выполнения
1	Задание системы	Эвристический. Системный подход. Монографический анализ
2	Определение существенных переменных	Эвристический. Статистический анализ. Теория исследования операций
3	Определение параметров возмущающих потоков	Методы математической статистики и теории вероятностей
4	Определение состояний системы в предыстории	Решение системы алгебраических уравнений
5	Расчет прогнозируемого состояния системы	Вычисление многочленов Чебышева, расчет прогнозирующих функций
6	Инженерная оценка результатов	Эвристический, системный, математическое программирование и проч. в зависимости от постановки задачи

Источник: Составлено автором на основании [4]

Необходимыми условиями практического применения предлагаемой методики является детерминированное определение самой системы, а также выделение необходимого количества ее существенных переменных и критериев их оценки. В зависимости от постановки задачи (при соблюдении вышеуказанных условий) модель функционирования системы может быть применена для анализа причин проявления внешних возмущений, оценки динамики состояний исследуемой системы и ее оперативного управления, а также решения других задач.

На заключительном этапе реализации разработанной методики исследования текущего и прогнозируемого состояния эргатической системы выполняется оценка полученных результатов. Для этого, используя методы математического программирования с учетом постановки задачи, сравниваются полученные в результате расчетов предельные состояния системы в предыстории и принятые по данным прогноза, а также формулируются выводы об эффективности функционирования системы и необходимости принятия того или иного управляющего решения.

Следует отметить, что предложенная модель и методика оценки текущего и прогнозируемого состояния системы обладают высоким уровнем абстракции и могут быть применимы на различных уровнях иерархии исследуемой системы.

На практике предложенный методический подход исследования может быть успешно применен, например, в системах обеспечения и управления безопасностью труда на опасных производственных объектах т.к.

создает объективные предпосылки для обоснованного принятия оптимальных управляющих решений, способствующих переходу системы в новое более качественное безопасное состояние.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оразбаев Б.Б., Курмангазиева Л.Т., Коданова Ш.К. Теория и методы системного анализа: учебное пособие. — М.: Издательский дом Академии Естествознания. — 2017. — 248 с.
2. Котлярова И.О. Инновационные образовательные системы // Вестник ЮУрГУ. — 2008. — № 8. — С. 12–23.
3. Калужский М.С. Общая теория систем. Учеб. пособие. М.: Директ медиа. — 2013. — 177 с.
4. Забабурин В.М. Информационно-аналитическая система управления безопасностью труда на шахте // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. — 2014. — № 3. — С. 94–98.
5. Забабурин В.М., Задоев М.А. Система и модель оценки текущего состояния безопасности на угольной шахте // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — №4. — С. 327–331.
6. Бондаренко П.С., Горелова Г.В., Кацко И.А. Теория вероятностей и математическая статистика. Учеб. пособие под ред. И.А. Кацко, А.И. Трубилина/Москва: КНОРУС. — 2019. — 390 с.
7. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология/ Учеб. пособие. 6-е изд., М.: Юстиция. — 2018. — 192 с.
8. Кочетков П.А. Краткий курс высшей математики: Учеб. пособие. М.: МГИУ. — 2000. — 98 с.
9. Бахвалов М.А. Моделирование систем. Учеб. пособие. М.: Высшее горное образование. — 2006. — 295 с.
10. Исаев А.Б., Ковальчуков Н.Н., Савельев И.А. Анализ и синтез систем многомерных ортогональных полиномов Чебышева в задачах регрессионного анализа // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2013. — №8. — С. 262–269.

© Забабурин Владимир Михайлович (zababurin64@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ СТЫКОВКИ НПА С БЭК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ¹

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR AN ADAPTIVE SYSTEM OF AUV DOCKING WITH USV USING MACHINE LEARNING METHODS

E. Ignatiadi
M. Mikhailov
V. Goncharov
V. Pozdnyakov
V. Lobkova
A. Ostrovsky
S. Lykov

Summary. The research conducted in this paper is aimed at the development of remotely controlled robotic systems. In this paper, an uninhabited underwater vehicle and an autonomous crewless boat serve as prototypes on which the solutions presented in the paper are practiced. Among the main tasks solved by these vehicles are: monitoring and assessment of the environment; detection of objects and obstacles; maneuvering; approaching an object. The paper considers the task of docking, in the process of which the construction of images of the working space of the underwater robotic complex is carried out. Algorithms for building 3D images of the working space of the robotic complex in the solution of the docking task are proposed, based on the application of machine learning methods, including search, motion planning, maneuvering and control of robotic complexes for synchronization of an underwater uninhabited vehicle with an autonomous uncrewed boat in conditions of unformalized performing environments. The results of the work show that the application of machine learning methods in solving these problems allows to increase the level of value determining the degree of adaptability of the system, as well as increases the probability of successful performance of tasks, for example, docking.

Keywords: autonomous underwater vehicle, robotics, intelligent control systems, transform networks, generative-adversarial networks, hybrid architecture, artificial intelligence, machine learning, CALS technologies, highly realistic physical environment, virtual polygon, digital twin, P3P, Kalman filter, KAZE algorithm, DBSCAN algorithm, GAN, RFBN.

Игнатиади Евгений Константинович

Главный конструктор по интеллектуальным системам
управления и робототехнике,
ГНЦ РФ ЦНИИ РТК, Санкт-Петербург
e.ignatiadi@rtc.ru

Михайлов Михаил Владимирович

Начальник отдела, ГНЦ РФ ЦНИИ РТК, Санкт-Петербург
mikhailov.mv@rtc.ru

Гончаров Влас Андреевич

Инженер-электроник 2 категории, Петербургский
государственный университет путей сообщения
Императора Александра I;
ГНЦ РФ ЦНИИ РТК, Санкт-Петербург
v.goncharov@rtc.ru

Поздняков Владимир Андреевич

Программист, Санкт-Петербургский политехнический
университет им. Петра Великого;
ГНЦ РФ ЦНИИ РТК, Санкт-Петербург
v.pozdnyakov@rtc.ru

Лобкова Вероника Андреевна

Инженер, Санкт-Петербургский политехнический
университет им. Петра Великого;
ГНЦ РФ ЦНИИ РТК, Санкт-Петербург
v.lobkova@rtc.ru

Островский Артём Сергеевич

Программист, Санкт-Петербургский государственный
морской технический университет;
ГНЦ РФ ЦНИИ РТК, Санкт-Петербург
a.ostrovskii@rtc.ru

Лыков Станислав Викторович

Программист 1 категории, ГНЦ РФ ЦНИИ РТК,
Санкт-Петербург
s.lykov@rtc.ru

Аннотация. Исследования, проводимые в работе, направлены на разработку удаленно управляемых робототехнических комплексов. В работе в качестве прототипа, на котором отрабатываются представленные в статье экспериментальные решения, выступают необитаемый подводный аппарат и автономный безэкипажный катер. В числе основных задач, решаемых в работе данными аппаратами, являются: мониторинг и оценка среды; обнаружение объектов и препятствий; маневрирование; сближение с объектом. В статье рассматривается задача стыковки в виртуальной 3D среде, в процессе которой осуществляется построение изображений рабочего пространства подводного робототехнического комплекса. Предложены алгоритмы построения 3D изображений рабочего пространства робототехнического комплекса в решении задачи стыковки, основанные на применении методов машинного обучения, включающей поиск, планирование движе-

¹ Исследование методов и разработка технологий создания отладочно-моделирующих комплексов для функционального и поведенческого моделирования РТК и групп РТК — FNRG-2022-0008 № 075-01595-23-04. [FNRG-2022-0008]. [1021051101732-4-1.2.1;2.2.]



Проводимые исследования и разработки в работе направлены на разработку головного алгоритма, формирующего адаптивную обучаемую модель для системы управления робототехническими комплексами. В статье рассматривается одна из частных задач решаемой в процессе обучения модели для системы управления, стыковки робототехнических комплексов.

Необходимо отметить, что выбранные методы, на основе которых разработан головной алгоритм решают задачи, которые являются основными для робототехнических комплексов: мониторинг среды; обнаружение объектов и препятствий; маневрирование; стыковка. Для решения подобных задач разработана и применяется система технического зрения. Обучение модели для системы управления робототехническим комплексом, разрабатываемой в работе, требует большого количества времени, направленного на формирование RDD (прим.: Resilient Distributed Dataset — устойчивого распределённого набора данных), DataFrame (представление данных в виде таблицы с индексами строк, и индексами столбцов. Это позволяет удобно сортировать и фильтровать данные, а также быстро находить нужные ячейки) и проведение испытаний. Для отладки системы технического зрения создаётся 3D реконструкция рабочей среды — виртуальный полигон, являющейся программным компонентом системы проектирования робототехнических комплексов — СПРК, разрабатываемой в работе — по исследованию методов и разработке технологий создания отладочно-моделирующего комплекса для функционального и поведенческого моделирования РТК и групп РТК. Отладка технического зрения в 3D среде основывается и соответствует последовательности и набору задач, которые применяются в данном процессе при натуральных испытаниях, тестированиях системы, состоящему из: классификации объектов; видео сопровождения; оценивания положения, скорости и ориентации.

В работе разработан алгоритм стыковки, включающий, в том числе, отслеживание объекта стыковки и удержания ориентиров под водой, основанный на генеративно-состязательной нейронной сети при выпол-

ний, маневрирование и управление робототехническими комплексами для синхронизации подводного необитаемого аппарата с автономным безэкипажным катером в условиях неформализованных выполняющих сред. Результаты работы показывают, что применение методов машинного обучения в решении данных задач позволяют повысить уровень автономности аппаратов.

Ключевые слова: необитаемые подводные аппараты, робототехнический комплексы, интеллектуальные системы управления, трансформенные сети, генеративно-состязательные сети, гибридная архитектура, машинное обучение, искусственный интеллект, машинное обучение, CALS-технологии, высокореалистичная физическая среда, виртуальный полигон, цифровой двойник, РЗР, фильтр Калмана, алгоритм KAZE, алгоритм DBSCAN, GAN, RFBN.

нении сценария стыковки. Сценарий стыковки, включает этапы поиска и удержания цели. Под адаптивной системой в работе подразумевается головной алгоритм обучения модели системы управления, позволяющий изменять свои свойства для обеспечения эффективной работы системы, учитывающей, например, изменения условий среды и реагирующей на таковые.

Благодаря внедрению системы слежения устраняются сбои в наблюдении, вызванные малым радиусом действия и большими углами наблюдения, достигается хорошая точность и надежность стыковки. Необитаемый подводный аппарат ориентируется по оптическим активным ориентирам и системе видения для стыковки на коротких расстояниях. Система активного слежения за ориентирами, основанная на представленном алгоритме, осуществляет стыковку посредством двухэтапной аутентификации положения и движения. GAN (прим.: генеративно-состязательная сеть) используется для оценки относительного положения и ориентации в 3D между АБЭК и НПА во время стыковки, включая определение фазы и оценку положения посредством РЗР (прим.: Perspective-n-Point); фильтр Калмана и Венгерский алгоритм для повышения надежности.

Разрабатываемый алгоритм интеллектуальной системы управления робототехническим комплексом основан на IRR-архитектуре, реализованной с методом end-to-end (прим.: сквозной процесс), представляющей собой обучаемую модель. IRR позволяет реализовать НПА и АБЭК как некоторую функцию, которая получает на вход ощущение и выдает на выход определенное действие. В работе для реализации данной функции введены параметры — состояния (прим.: mental state) и базовых аргументов, которые могут изменять состояние:

1. ощущение;
2. множество убеждений — информационное состояние;
3. ситуация — это состояние среды;
4. множество целей;
5. множество намерений — сформировавшаяся последовательность действий, выполняемый в сценарии.

При обучении модели для системы управления учитываются физические особенности подводной среды и конструктивные особенности модуля стереокамеры, конструктив которого состоит из водонепроницаемой оболочки и стеклянного интерфейса. Использование такой конструкции приводит к рефракции сначала в интерфейсе вода-стекло и затем в интерфейсе стекло-воздух и, как следствие, к искажению получаемых изображений.

Реализуемый в работе подход предусматривает калибровку камер, оценку центров изображений камер с учетом водонепроницаемой оболочки, выбор алгоритмов предобработки, ключевых точек изображений объектов и активных маркеров, по которым происходит процесс стыковки с использованием кластеризации получаемых данных с формированием базы знаний.

Основываясь на представленных выше данных относительно решаемой задачи, построение 3D сцены и формирование изображений на виртуальном полигоне для обучения модели системы управления НПА включает следующие этапы:

1. подводная калибровка камер с определением их внутренних и внешних параметров;
2. определение центров изображений камер с учетом параметров воздушного зазора и стеклянного интерфейса;
3. предобработка полученных 2D изображений;
4. построение 3D координат объектов с помощью триангуляции и оценка их точности;
5. кластеризация данных.

Реализация такого алгоритма требует разработки архитектуры интеллектуальной системы управления способной на основе данных формировать такие управляющие воздействия на исполнительные механизмы, которые позволяли бы выполнять задачу, например, стыковки автономно, в группах, в неформализованных или частично формализованных средах. Данная архитектура включает в верхнеуровневом представлении набор компонентов, представленных на рисунке 1.

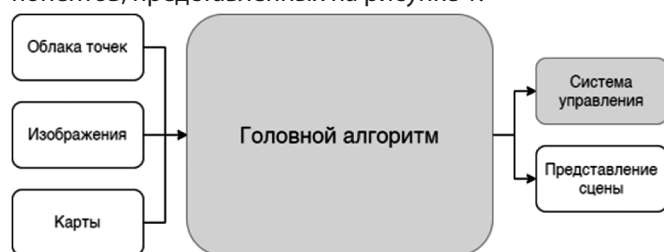


Рис. 1. Верхнеуровневое представление архитектуры интеллектуальной системы управления робототехническим комплексом

Представленная архитектура и алгоритм, основанный на методе реализации GAN, «обучение Тьюринга»,

позволяет контролировать процесс выполнения различного рода операций удаленно управляемым роботом, используя поступающие из среды данные. Вложенный алгоритм разряженного стереозрения находит 3D координаты только пикселей, определенных на обоих изображениях в качестве сопряженных ключевых точек. На вход обучаемой модели подаются изображения I_1, I_2 стереопары после предобработки, калибровки центров изображений камер, которые содержат всю необходимую информацию для построения маршрута движения в процессе выполнения сценария стыковка:

$$\begin{cases} ux_1 = K_1(R_1|t_1) = \begin{pmatrix} X \\ 1 \end{pmatrix} = P_1 \begin{pmatrix} X \\ 1 \end{pmatrix} \\ x_2 = K_2(R_2|t_2) = \begin{pmatrix} X \\ 1 \end{pmatrix} = P_2 \begin{pmatrix} X \\ 1 \end{pmatrix} \end{cases}$$

где x_1, x_2 — однородные координаты проекций на левое и правое изображение стереопары некоторой пространственной точки X ; $K_1, K_2, R_1, R_2, t_1, t_2$ — матрицы внутренних параметров камеры, матриц вращений и смещений; P_1, P_2 — матрицы проекций левой и правой камер; u, v — положительные действительные числа, представляющие проекции глубины X левой и правой камер.

Необходимо отметить, что начало абсолютной системы координат для указанных расчетов связано с левой камерой стереокамеры и матрица перехода $[R_1|t_1]$ имеет вид:

$$[R_1|t_1] = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ | \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ | \ 0 \ 0 \ 1 \ 0],$$

Матрица $[R_2|t_2]$ — задает положение правой камеры в пространстве относительно левой камеры.

Для поиска точек на получаемых изображениях из 3D среды применяется вложенный алгоритм KAZE (прим.: алгоритм описания характеристик изображения). Головной алгоритм при выполнении сценария стыковка выполняют следующую последовательность операций:

1. поиск и удержание позиции АБЭК;
2. определение активных маркеров стыковки;
3. построение карты диспаратности для прохождения к АБЭК и непосредственно к активным маркерам стыковки;
4. построение 3D координат точек с помощью карты диспаратности;
5. выделение и кластеризация данных;
6. движение до объекта.

В процессе обучения модели для системы управления НПА головной алгоритм использует вложенный алгоритмы, основанные на методах обратного распространения ошибки, градиента серого, фильтрацией помех с помощью предобработки и кластеризацией 3D точек.

В качестве алгоритмов кластеризации использовались алгоритмы связанных компонент и DBSCAN (прим.: алгоритм кластеризации данных). Преимуществом данных алгоритмов является отсутствие необходимости предварительного назначения количества кластеров и позволяющие отсеивать точки, интерпретируемые как шум. Верхнеуровневое представление разрабатываемого головного алгоритма, приведено на рисунке 2.

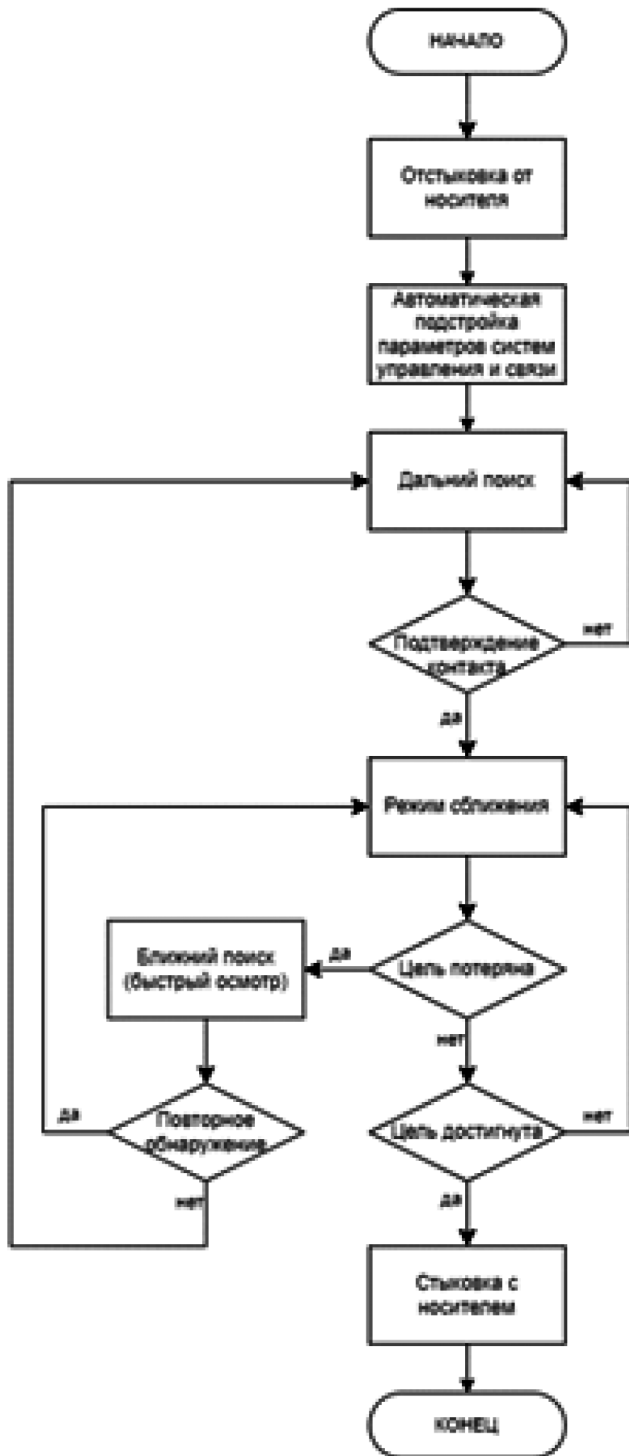


Рис. 2. Верхнеуровневое представление головного алгоритма в реализации сценария стыковки

Обучаемая модель для системы управления НПА, построенная на данном головном алгоритме, выполняет поиск объекта — АБЭК — и стремится, максимально сократив расстояние до него, осуществить стыковку. Основной задачей данного алгоритма является точная идентификация АБЭК в пределах визуального диапазона активных ориентиров, маркеров и предоставление трехмерной информации об относительном положении и ориентации для навигации при стыковке. Затем НПА использует информацию об относительном положении для обновления конечной точки задачи отслеживания линии, чтобы выполнить сценарий стыковки.

В составе рассматриваемого алгоритма присутствуют следующие вложенные компоненты:

1. автоматическая подстройка параметров систем управления — измеряет и оценивает воздействующие состояния внешней среды с учетом внутренних систем НПА с последующим внесением корректировок (например, подруливание камеры сервоприводом в процессе удержания цели — светодиодных осветителей), позволяющих повысить эффективность работы систем управления;
2. режим сближения — обеспечивает режим движения НПА, сокращающий расстояние до объекта с помощью бортовой навигационной системы, системы машинного зрения и движительно-рулевого комплекса находящихся во взаимосвязи;
3. ближний поиск — производит установление и восстановление потерянного контакта на малых углах обзора с помощью бортовой системы машинного зрения, реагируя на индикаторы, представляющие из себя светодиодные осветители с голубым лучом с определяемой длиной волны — 450 нм;
4. дальний поиск — осуществляет поиск объекта с наиболее широкими углами обзора с помощью бортовой гидролокационной системы;
5. отстыковка/стыковка — представляет цикл определения положения НПА по отношению к носителю — БЭК и маневрирования.

Важно отметить, что особенностью данного решения является осуществление стыковки НПА и БЭК. Осуществление стыковки основано на применении системы технического (машинного) зрения — стереокамеры с поворотными приводами (на НПА), — контроле положения движительно-рулевого комплекса и набором структурированных светодиодных осветителей (на БЭК) для ориентации и маневрирования.

Существуют основные проблемы для автономной стыковки робототехнических комплексов рассматриваемого вида с использованием активных маркеров:

1. различия в изображениях вызваны различной прозрачностью воды и окружающей среды, а так-

же изменениями интенсивности ориентиров, вызванными различными расстояниями и углом наклона, что затрудняет обнаружение;

- идентификация ориентиров и активных маркеров не может быть правильно подобрана, если координаты ориентиров соблюдены не полностью.

Головной алгоритм, разрабатываемый в работе, активного отслеживания ориентиров для задач стыковки решает данные проблемы, посредством:

- вложенных алгоритмов слежения и двухэтапным аутентификации движения для обнаружения и оценки местоположения, позволяющих в полной мере использовать информацию об ориентирах и активных маркерах в задачах стыковки;
- получения точных данных об углах обзора подводных ориентиров, активных маркеров для успешной стыковки, что подтверждается проводимыми экспериментами.

Данный алгоритм при выполнении сценария стыковки делит задачу подводной на две части: обнаружение цели — АБЭК и оценка ее положения. При обнаружении цели вычисляются положение АБЭК, полученные из изображения в процессе подхода; получение координат каждого ориентира при помощи вложенного алгоритма сегментации изображения и кластеризации данных. Оценка взаимонаправленного движения и состояния позиций позволяет сформировать относительное положение объектов и ориентацию по координатам активных маркеров, вычисляемую вложенным алгоритмом РЗР, который учитывает различное количество освещенности.

Оценка положения объектов и активных маркеров при подводной стыковке относится к восстановлению относительного положения и ориентации в 3D между АБЭК и НПА по 2D изображениям. Основной принцип оценки позиции заключается в том, что 2D-координаты ориентиров и активных маркеров являются проекцией реальных ориентиров на визуальную плоскость, поэтому реальная 3D-позиция может быть восстановлена по 2D-изображению. В этом случае вложенный алгоритм Perspective-n-Point (прим.: оценка положения камеры при заданном наборе из n 3D-точек в среде и их соответствующих 2D-проекциях на изображении) — РЗР — оценивает корректность соотношения позиций с помощью нескольких пар контрольных точек, одна из которых находится в 2D плоскости, а другая — в 3D пространстве.

Необходимо отметить, что из себя представляет позиция. Позицией является положение и ориентация относительно АБЭК, в которой находится НПА. Для расчётов и представления поворота между камерой и ориентирами, используем углы Эйлера. Вектор текущей позиции представляем, как $p = (t_1, t_2, t_3, r_1, r_2, r_3)$, где t_i яв-

ляется положением X_c, Y_c, Z_c и r_i ориентировочные значения рыскания, тангажа и крена.

Сложность обнаружения цели заключается в том, что изображение подводной среды будет выглядеть размытым, с шумом, изменением цвета, снижением контрастности, а также помехами от источника света и перекрытием реальной обстановки.

Вышеуказанные проблемы эффективно решаются разработанной архитектурой системы управления робототехническими комплексами с интегрированными: GAN и глубокой нейронной сетью.

Необходимо отметить, что DNN (прим.: Docking Neural Network) усовершенствована в данной реализации архитектуры авторами работы, чтобы обеспечить корректную стыковку наборов, получаемых данных. Разработанное усовершенствование основывается на разделении входного изображения на ячейки сетки $S \times S$, где каждая ячейка предсказывает B ограничивающих рамок. Ограничивающая рамка обозначается $B = (x, y, w, h, \text{достоверность})$, где (x, y) обозначает центральную координату блока, а (w, h) — ширину и высоту блока. Достоверность относится к значению параметра ожидания между предсказанным блоком и достоверностью, полученной из реальной среды.

Основными результатами, полученными в работе при решении представленных в статье задач, является разработанный головной алгоритм, интегрированный в виртуальный полигон интеллектуальной системы управления робототехническими комплексами построения 3D изображений рабочей среды локализации НПА, по данным, поступающим со стереокамеры НПА. Данный алгоритм в процессе работы проводит выбор и оценку параметров обучения, включающей калибровку, фильтрацию помех с помощью предобработки и кластеризацией 3D точек.

Проведенные в работе экспериментальные исследования на виртуальном полигоне показали, что значение коэффициента ошибки по глубине для оценки расстояния при построении 3D изображения не превышает 1,6 см и 6 см, 1,5 м и 5 м для ближней и дальней зон рабочего пространства НПА и АБЭК соответственно при выполнении задачи стыковки, рисунок 3.

Подтверждённая незначительность изменений, непрерывность процесса выполнения задачи стыковки и последовательность поступающих изображений, позволили применить метод распределённого вычисления основанный на GAN и сегментации активных маркеров после обнаружения АБЭК. Благодаря данной структуре разработанный алгоритм может выполнять сегментацию, используя информацию предыдущего кадра в случае сбоя обнаружения.

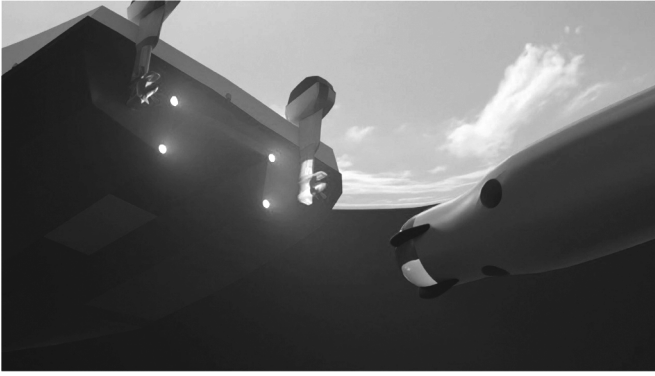


Рис. 3. Процесс стыковки НПА и АБЭК

Полученные результаты исследования в данной работе показывают, что полученное, благодаря реализо-

ванным в алгоритме адаптивной системы стыковки НПА с АБЭК, точное (прим.: с достигнутым минимальным значением коэффициентом ошибки при решении задачи определения активного маркера) использование данных об ориентирах и активных маркерах, позволяет повысить автономность робототехнических комплексов, что является одной из основных задач работы.

Важно отметить, что разработанный головной алгоритм улучшает условия использования НПА и АБЭК в реальных условиях, расширяя рабочую среду выполнения задач за счёт применения в задачах взаимодействия с объектами и маневрирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.И. Галушкин Теория нейронных сетей: Учеб. пособие для вузов. — М.: Радиотехника, 2000. — 415 с.
2. И.А. Каляев, В.П. Носков, Ю.В. Чернухин, А.В. Каляев. Однородные управляющие структуры адаптивных роботов. Москва: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит, 1990. 152 с.
3. И.А. Каляев, А.Р. Гайдук, С.Г. Капустян. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов. — Москва: Физматлит, 2009. 280 с.
4. К.В. Воронцов, Математические методы обучения по прецедентам (теория обучения машин) / К. Воронцов // Сайт «Машинное обучение», курс лекций. 2011. — 141 с.
5. М.И. Астахов Разработка архитектуры системы управления поведением объекта: основа — М: Сборник материалов молодежной конференции «Новые материалы и технологии в ракетно-космической, авиационной и других ведущих высокотехнологичных отраслях промышленности» No1.: 000 «12 апреля» Звездный городок, 2019.
6. П. Флах Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных. Учебник. — М.: ДМК Пресс, 2015.
7. С.И. Николенко, А. Кадури, Е.В. Архангельская. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. — «Питер», 2018. — С. 348–360.

© Игнатиади Евгений Константинович (e.ignatiadi@rtc.ru); Михайлов Михаил Владимирович (mikhailov.mv@rtc.ru);

Гончаров Влас Андреевич (v.goncharov@rtc.ru); Поздняков Владимир Андреевич (v.pozdnyakov@rtc.ru);

Лобкова Вероника Андреевна (v.lobkova@rtc.ru); Островский Артём Сергеевич (a.ostrovskii@rtc.ru); Лыков Станислав Викторович (s.lykov@rtc.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АУГМЕНТАЦИИ В ЗАДАЧЕ СЕГМЕНТАЦИИ КАМНЕЙ НА КОНВЕЙЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

STUDY OF AUGMENTATION METHODS IN THE PROBLEM OF STONE SEGMENTATION ON A CONVEYOR BELT OF A MINING ENTERPRISE

V. Kalashnikov

Summary. This paper examines various image augmentation methods in the problem of segmenting stones on a conveyor belt of a mining industry. The use of the deep learning algorithm MaskRCNN and the PyTorch library to solve the problem is considered. Using the IoU metric as an example, the quality of augmentation under various transformations is analyzed. The most and least effective approaches were identified and their qualitative analysis was carried out.

Keywords: mining, quality control, artificial intelligence, neural networks, deep learning, augmentation.

Калашников Владимир Андреевич
Аспирант, Финансовый Университет
при Правительстве РФ (Москва)
vakalashnikov@fa.ru

Аннотация. В данной работе исследуются различные методы аугментации изображений в задаче сегментации камней на конвейере предприятия горной промышленности. Рассмотрено применение алгоритма глубокого обучения MaskRCNN и библиотеки PyTorch для решения поставленной задачи. На примере метрики IoU проанализировано качество аугментации при различных преобразованиях. Выявлены наиболее и наименее эффективные подходы и проведен их качественный анализ.

Ключевые слова: горная промышленность, контроль качества, искусственный интеллект, нейронные сети, глубокое обучение, аугментация.

Введение

Последнее десятилетие ознаменовано активным внедрением методов искусственного интеллекта (ИИ) в различные сферы общественной жизни. По данным АНО «Цифровая экономика» [1] за период 2020–2022 года прирост финансирования проектов в сфере ИИ составил 170 %. При этом более 75 % компаний уже интегрировали использование глубокого и машинного обучения в свои бизнес-стратегии. Активнее всего внедряют передовые технологии в сферах ритейла, беспилотных автомобилей и потребительских товаров и услуг. Таким образом, в ближайшее десятилетие будет проведена цифровая трансформация многих отраслей экономики, в том числе и промышленного производства.

Автоматизация затронет и такую важную отрасль российской экономики, как горная промышленность. На данный момент уже существуют отечественные компании — разработчики ИИ, активно внедряющие свои решения в этой области, например ГК Цифра.

Безусловно, прогресс в цифровизации производства связан не только с работой коммерческих компаний в данной отрасли, но и с проведением научных и методологических исследований. Исходя из всего сказанного выше можно заключить, что тема данной статьи — ана-

лиз методов аугментации данных для сегментации продукции горного предприятия является актуальной.

Аугментация данных

В общем случае, аугментацией данных называют пополнение набора данных для обучения искусственными примерами, сгенерированными на базе уже имеющихся с помощью различных методов. В задачах компьютерного зрения процесс аугментации состоит в использовании различных преобразований, например поворотов изображения, применения различных фильтров и пр. В использованной авторами библиотеке PyTorch имеется достаточно большой набор встроенных преобразований [6], позволяющий исследователям достаточно быстро проверить эффективность тех или иных видов аугментации.

Общая идея данного метода состоит в следующем, если начальный набор данных позволяет извлечь из изображений некоторые паттерны, то его расширение может модифицировать имеющиеся паттерны таким образом, что обучение нейронной сети улучшится.

Приведем конкретный пример: пусть наш набор данных состоит из изображений камней, и задача состоит в их сегментации. Очевидно, начальное положение камней на изображении не несет никакой особой информа-

ционной нагрузки с точки зрения рассматриваемой задачи, т.е. если бы мы сфотографировали камни с другого ракурса или под другим углом, то постановка задачи бы не изменилась, однако границы камней на изображении были бы изменены под действием некоторого проективного преобразования, что изменило бы процесс обучения нейронной сети. Применяя к имеющимся изображениям цифровые преобразования изображений, мы можем добиться существенного изменения видимой формы камней, что позволит нам получить гораздо более широкий набор паттернов, задействованный в обучении. Эту роль и выполняет аугментация изображений.

Анализ литературы (ист. 18, ист. 7, ист. 15, моя)

Задача сегментации породы различных видов затрагивалась отраслевыми исследователями в области машинного обучения в последние годы. В частности, в статье [2] исследователи применили архитектуру HCN для решения задачи сегментации кусков цемента на изображении. Примечательно, что авторы использовали для обучения нейронной сети небольшой набор данных, состоящий из 150 изображений, однако применение методов аугментации (дополнения) данных с помощью различных преобразований позволило достичь довольно высокой точности сегментации: доля корректно определенных пикселей составила более 90 %. Тем не менее, авторы приводят лишь свои итоговые результаты, не останавливаясь подробно на изменении метрик в зависимости от применяемых преобразований.

Каримпоули и др. [3] решали задачу определения вида и характеристик камней на изображении и добились доли верных ответов более 96 % в задаче многоклассовой сегментации. Примечательно, что для обучения нейронной сети (использована архитектура SegNet) был использован набор данных, состоящий всего из 20 изображений. Используя методы аугментации данных, исследователи сгенерировали датасет из 22000 изображений, распределенных в отношении 16000/4000/2000 для обучения, тестирования и валидации соответственно. Данный пример демонстрирует наличие серьезного потенциала в применении исследуемого метода к данному классу задач.

Примером успешного применения данного подхода может служить работа Лианга и др. [4]. В ней исследователи использовали одну из самых современных и эффективных архитектур для сегментации — U-Net. Для ее обучения были использованы четыре изображения камней разрешением 3648×2432. Авторы создали маски для каждого из изображений, разметив их вручную и разрезав на отдельные изображения. Затем были использованы некоторые методы аугментации (дополнения) данных: повороты, отражения, зашумление и изменения яркости. В результате обучения авторы получают точность классификации пикселей более 98 %.

Как можно видеть из приведенного обзора, методы аугментации данных позволяют получать устойчивые результаты в задачах сегментации породы даже с использованием небольших (менее 100) изображений. Однако ни в одном из исследований не было приведено качественного анализа влияния применяемых преобразований на итоговые результаты. Исследование данного вопроса и будет являться целью данной работы.

Исследование

В качестве исходного набора данных был использован набор из 100 фотографий щебня на конвейере, снятых в разрешении 1920*1080 на горнодобывающем предприятии. Каждая из фотографий представляет собой изображение движущегося сырья для производства щебня, то есть набора отдельных камней. Расстояние от матрицы камеры до ленты конвейера составляло примерно 130 см, а скорость движения породы — 1,5 м/с.

Пример изображения представлен на Рис. 1.



Обучение проводилось с помощью использования алгоритма сверточных нейронных сетей — MaskRCNN с использованием аргументированных данных к описанному датасету. Более подробное изложение применяемых методов можно найти в статье авторов [5].

В результате проведения исследования набора преобразований были получены следующие результаты:

Таблица 1.

Сравнение различных преобразований при аугментации датасета из 100 изображений

Преобразование	Метрика IoU
Gaussian blur	0.867
GrayScale	0.902
Random Horizontal Flip	0.904
Sharpness(10)	0.884
Solarize(0.5)	0.896
RandomCrop(size=(128, 128))	0.902
RandomCrop(size=(256, 256))	0.907
permutate_channels(permutation=[2, 1, 0])	0.706

Отметим эффективность преобразования $RandomCrop(size=(256, 256))$. Принцип действия данного преобразования заключается в вырезании из изображения случайным образом квадрата со стороной 256 пикселей, на котором в результате будет обучаться нейронная сеть.

Точно определить, почему то или иное преобразование является наиболее эффективным затруднительно, поскольку оно затрагивает внутренние процессы нейронной сети и много миллиардов арифметических вычислений, однако можно предположить, что, в данном случае эффективность метода обусловлена большой вариацией камней на изображении. Вырезание случайных квадратов из картинки позволяет сверточным слоям эффективно научиться распознавать камни в различных масштабах, что, в свою очередь приводит к росту метрик качества алгоритма.

Худшую эффективность демонстрируют следующие два преобразования:

Gaussian blur — гауссово размытие и `permutate_channels` — перестановка каналов RGB изображения. Можно выдвинуть гипотезу — низкая эффективность данных методов обусловлена большой важностью цветовых характеристик породы и четкой различимости границ.

Таким образом, в результате исследования было выяснено, что в задаче сегментации камней на изображении ленты конвейера эффективным является применение методов изменения масштаба и случайных поворотов изображения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белая книга цифровой экономики 2022 [Электронный ресурс] // Автономная некоммерческая ассоциация "Цифровая экономика" URL: http://academim.org/art/pan1_2.html (дата обращения: 18.11.2023).
2. Chen H., Yi J., Guiqiang L., Biao C. Automated cement fragment image segmentation and distribution estimation via a holistically-nested convolutional network and morphological analysis. // Powder Technology. 2018. DOI: 339. 10.1016/j.powtec.2018.08.015.
3. Karimpouli S., Tahmasebi P. Segmentation of digital rock images using deep convolutional autoencoder networks, // Computers & Geosciences. Vol. 126. 2019, Pp. 142–150. ISSN 0098-3004. DOI: 10.1016/j.cageo.2019.02.003.
4. Liang Z., Zhihong N., Aijun A., Wang X. A particle shape extraction and evaluation method using a deep convolutional neural network and digital image processing. // Powder Technology. Vol. 353. 2019. DOI: 10.1016/j.powtec.2019.05.025.
5. Калашников, В.А. Приложения компьютерного зрения в горнодобывающей промышленности / В.А. Калашников, В.И. Соловьев // Прикладная информатика. — 2023. — Т. 18, № 1(103). — С. 4–21. — DOI 10.37791/2687-0649-2023-18-1-4-21. — EDN RUJCOY.
6. PyTorch transforms [Электронный ресурс] // PyTorch documentation URL: <https://pytorch.org/vision/main/transforms.html> (дата обращения: 18.11.2023).

© Калашников Владимир Андреевич (vakalashnikov@fa.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СОСТАВЛЕНИЯ ОТЧЕТА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭКЗАМЕНАЦИОННОЙ КОМИССИИ

DEVELOPMENT OF A MODEL FOR AUTOMATING THE PROCESS OF COMPILING A REPORT OF THE STATE EXAMINATION COMMISSION

**A. Kalyonova
M. Akulenok**

Summary. The development of the report of the State Examination Commission is an important task that helps to analyze the results of exams and determine the effectiveness of the education system. The purpose of the report of the State Examination Commission is to provide objective and complete information about the state of the examination process, as well as about achievements and problems in the educational system and to take measures to improve the educational system.

Keywords: SEC, SFE, educational institutions.

Калёнова Ариадна Николаевна

НИУ МИЭТ, г. Зеленоград

ariadna.25-05@mail.ru

Акуленок Марина Викторовна

К.т.н, доцент, доцент НИУ МИЭТ, г. Зеленоград

Аннотация. Разработка отчета Государственной экзаменационной комиссии является важной задачей, которая помогает осуществить анализ результатов экзаменов и определить эффективность системы образования. Цель отчета Государственной экзаменационной комиссии — предоставить объективную и полную информацию о состоянии процесса проведения экзаменов, а также о достижениях и проблемах в образовательной системе и принять меры для улучшения образовательной системы.

Ключевые слова: ГЭК, ГИА, образовательные учреждения.

В образовательных учреждениях высшего образования, имеющих государственную аккредитацию, обязательным для обучающихся является проведение государственной итоговой аттестации.

Проведение государственной итоговой аттестации обучающихся в высших образовательных учреждениях проводится для всех форм обучения по образовательным программам высшего образования — программы бакалавриата, программы специалитета, программы магистратуры, реализуемым во всех структурных подразделениях [1].

Для проведения государственной итоговой аттестации создаются государственные экзаменационные комиссии (ГЭК). Для рассмотрения апелляций по результатам ГИА создаются апелляционные комиссии. Государственная экзаменационная и апелляционная комиссии действуют в течение календарного года [2].

Комиссии создаются по каждой специальности и направлению подготовки, или по каждой образовательной программе, или по ряду специальностей и направлений подготовки, или по ряду образовательных программ. В состав ГЭК входят председатель указанной комиссии и не менее 4 членов указанной комиссии.

Председатель ГЭК утверждается из числа лиц, не работающих в образовательном учреждении, в котором

проводится итоговая аттестация, имеющих ученую степень доктора наук и (или) ученое звание профессора либо являющихся ведущими специалистами — представителями работодателей или их объединений в соответствующей области профессиональной деятельности. Председатели ГЭК утверждаются учредителем не позднее 31 декабря, предшествующего году проведения ГИА. Кандидатуры предварительно рассматриваются на Ученом совете в образовательном учреждении по представлению институтов, факультетов (филиалов).

Составы комиссий утверждаются ректором не позднее, чем за 1 месяц до даты начала ГИА, в соответствии с календарным учебным графиком. Члены ГЭК являются ведущими специалистами — представителями работодателей или их объединений в соответствующей области профессиональной деятельности и (или) лицами, которые относятся к профессорско-преподавательскому составу [2].

Основной формой деятельности комиссий являются заседания. Заседания комиссий правомочны, если в них участвуют не менее двух третей от числа лиц, входящих в состав комиссий. Заседания комиссий проводятся председателями комиссий. Решения комиссий принимаются простым большинством голосов от числа лиц, входящих в состав комиссий и участвующих в заседании. При равном числе голосов председатель обладает правом решающего голоса. Результаты каждого государ-

ственного аттестационного испытания определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение государственного аттестационного испытания. Результаты государственного аттестационного испытания, проводимого в устной форме, объявляются в день его проведения, результаты государственного аттестационного испытания, проводимого в письменной форме, — на следующий рабочий день после дня его проведения.

Решения, принятые комиссиями, оформляются протоколами. В протоколе заседания ГЭК по приему государственного аттестационного испытания отражаются перечень заданных обучающемуся вопросов и характеристика ответов на них, мнения председателя и членов ГЭК о выявленном в ходе государственного аттестационного испытания уровне подготовленности обучающегося к решению профессиональных задач, а также о выявленных недостатках в теоретической и практической подготовке обучающегося. Протоколы заседаний комиссий подписываются председателем и секретарем ГЭК. Протоколы заседаний комиссий сшиваются в книги и хранятся в архиве образовательного учреждения. На основании протоколов заседания формируется отчет ГЭК [3].

Отчет государственной экзаменационной комиссии (ГЭК) — это официальный документ, описывающий процесс и результаты государственной итоговой аттестации студентов.

Отчет ГЭК формируется из нескольких документов: приказ «состав ГЭК», приказ «график ГИА», приказ «Утверждение тем ВКР и руководителей», приказ «О допуске к ГИА». На рисунке 1 представлена структура документов на основе, которой формируется отчет ГЭК.

На рисунке 2 представлена модель в нотации BPMN процесса создания отчета ГЭК. В связи с началом подготовки к ГИА инициируется процесс рассылки форм для отчета ГЭК.

В процессе «Создание отчета ГЭК» у каждого участника своя роль.

Роль сотрудника учебного отдела: Процесс инициируется стартовым событием, которое срабатывает в связи с началом подготовки к ГИА. Далее сотрудник учебного отдела выполняет задачу «Рассылка форм методистам подразделений». В момент получения готового отчета от секретаря ГЭК, сотрудник проверяет и при обнаружении ошибок отправляет секретарю для переделывания. Если отчет выполнен корректно сотрудник учебного отдела передает их на хранение и процесс сотрудника учебного отдела завершается.

Роль методиста подразделения: Его процесс начинается в момент получения утверждённой формы от сотрудника учебного отдела. Методист ознакомливается с формой, а далее рассылает её секретарям ГЭК. После отправки утверждённой формы секретарям ГЭК его процесс завершается.

Роль секретаря ГЭК: Его процесс начинается в момент получения утверждённой формы от методиста. Секретарь ГЭК ознакомливается с формой, а далее заполняет её данным, которые берет из базы данных 1С. Заполненную форму отчета ГЭК отправляет председателю ГЭК. Если отчет не согласован, секретарь редактирует его и передает исправленный вариант председателю ГЭК. В момент получения подписанного отчета от председателя ГЭК, секретарь собирает отчеты и передает их сотруднику учебного отдела. При успешной проверке процесс секретаря ГЭК завершается.

Роль председателя ГЭК: Его процесс начинается в момент получения заполненной формы отчета от секретаря ГЭК. Председатель ГЭК ознакомливается с отчетом и согласует его. Если отчет не согласован, председатель отправляет секретарю ГЭК отчет на редактирование. Если отчет согласован отчет председатель ГЭК подписанный отчет передает секретарю ГЭК. После передачи заполненного отчета его процесс завершается.

Этапы, связанные с проверкой документов, могут повторяться несколько раз, так как председатель может найти ошибки в отчете и отправить секретарю ГЭК на редактирование. Каждая такая итерация дополнительно увеличивает время составления отчета.

Этап, связанный с проверкой документов сотрудником учебного отдела, является одним из самых трудозатратных так как проверка осуществляется вручную. Сотрудник учебного отдела может найти ошибки в отчетах и отправить секретарю ГЭК на переделывание.

Анализ процесса показывает, что затратными и ресурсоемкими этапами являются процессы проверки и согласования отчетов. Это связано с тем, что отчет заполняется вручную, что приводит к многочисленным ошибкам. Данные этапы можно сократить, если разработать шаблон отчета ГЭК, который будет выгружаться из 1С. При этом в автоматическом режиме будут заполняться основные составляющие отчета ГЭК.

Для автоматизирования процесса создания отчета ГЭК разработан план: 1) определить конкретные параметры, которые будут заноситься в шаблон и которые можно будет изменять; 2) Создать процесс в 1С, в котором будет использоваться разработанный шаблон; 3) настроить роли пользователей и права доступа к редактированию и просмотру; 4) подключить механизм сценариев

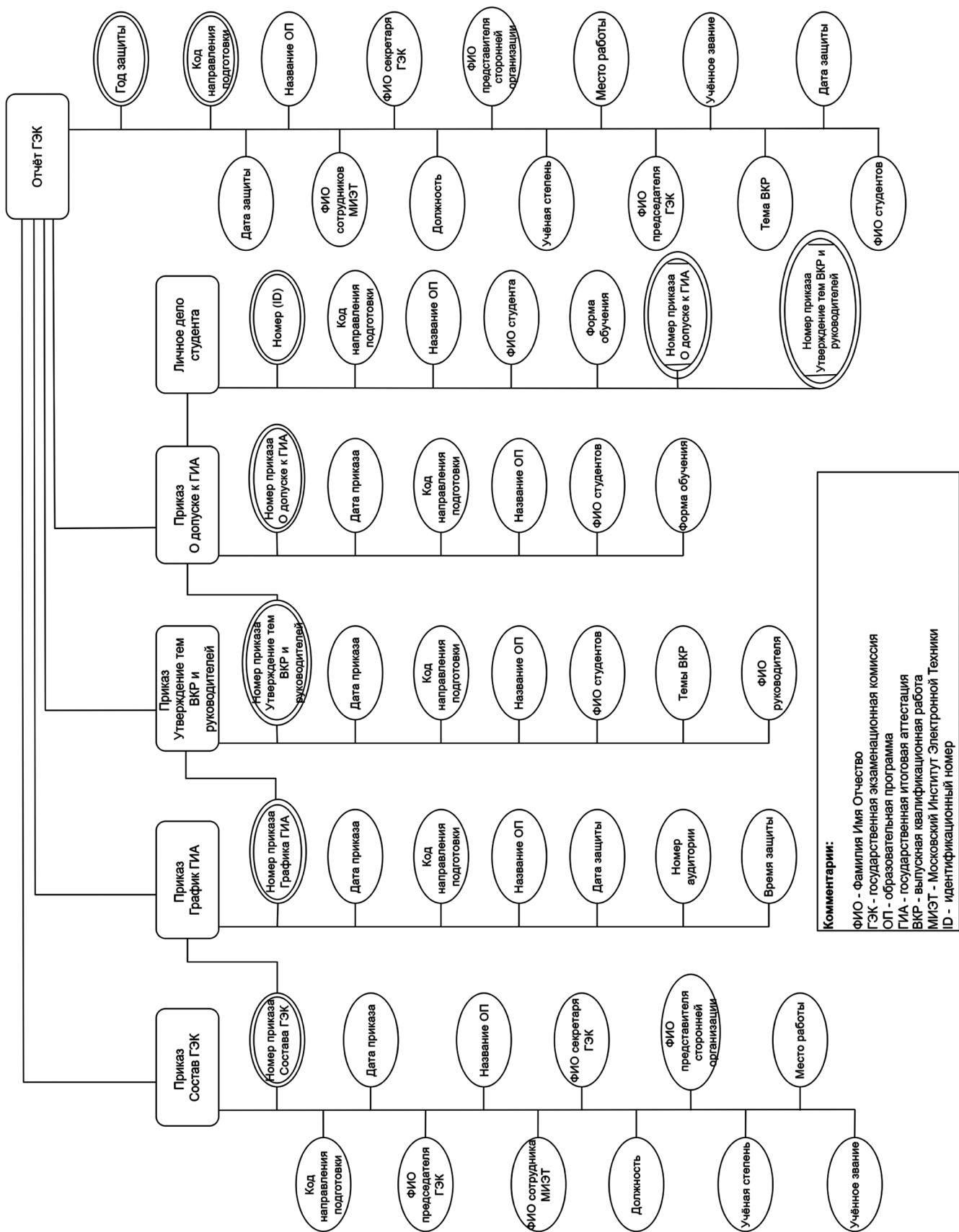


Рис. 1. Структура документов формирования отчета ГЭК

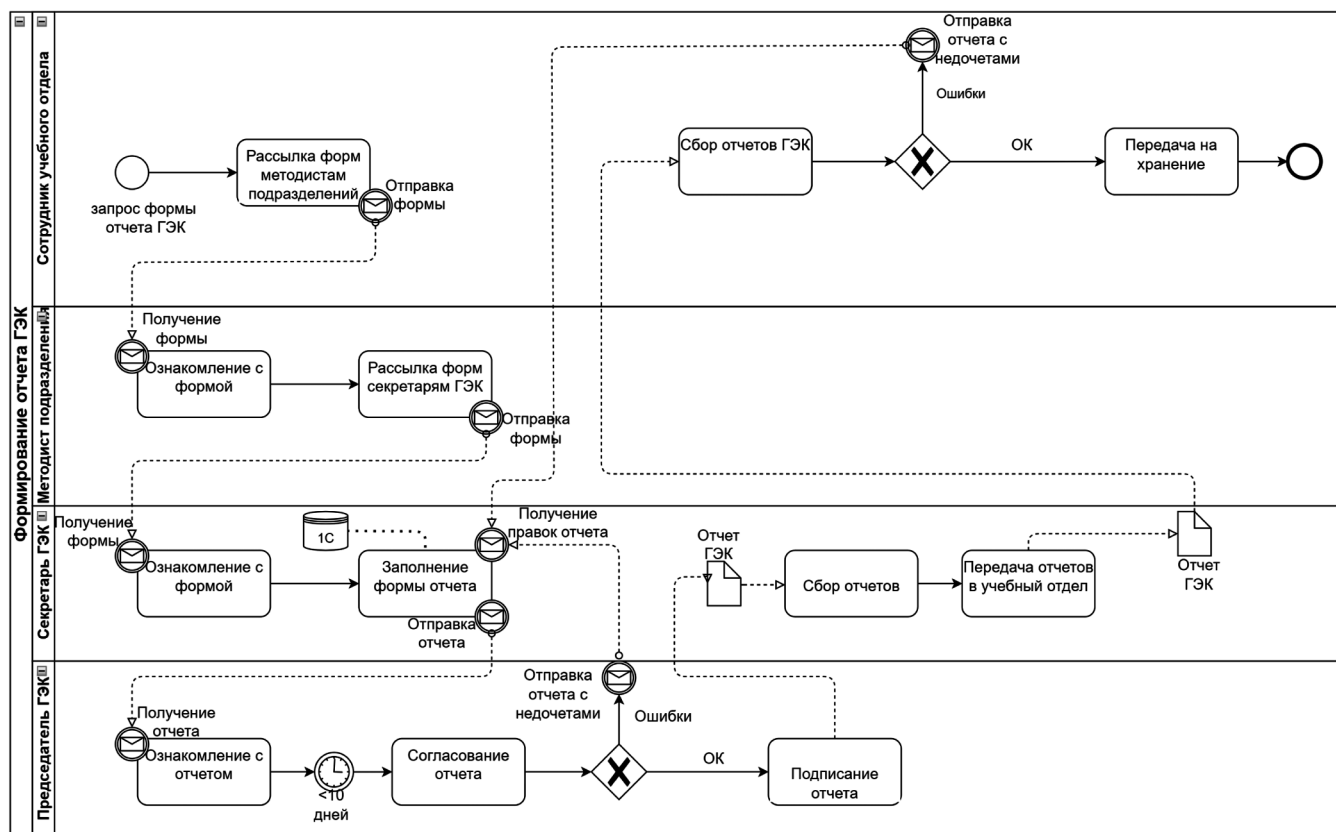


Рис. 2. BPMN-схема процесса «Создание отчета ГЭК»

для автоматизации конкретных действий, который будут выполняться автоматически при определенных условиях; 5) протестировать и отладить процесс, для выявления и устранения возможных проблем; 6) внедрить автоматизированный процесс в рабочую среду и обучить персонал работать с новыми шаблонами; 7) установить механизмы мониторинга и эффективности автоматизированных процессов, предусмотреть систему поддержки и обновления.

В связи с автоматизацией процесса «Создание отчета ГЭК» этап, связанный с проверкой отчетов ГЭК сотрудником учебного отдела, будет занимать меньше времени и не будет дополнительных итераций.

Выводы

Соблюдение всех этапов разработки и представления отчета ГЭК поможет обеспечить объективность

и прозрачность результатов государственной итоговой аттестации и будет способствовать повышению качества образовательного процесса в вузе. Автоматизация проверки документов в процессе создания отчета ГЭК обеспечивает значительное улучшение качества и эффективности процесса. Это позволяет снизить вероятность ошибок, ускорить процесс проверки и улучшить точность результатов. Благодаря автоматизации составления шаблона через 1С, учебный отдел университета может сократить затраты времени и ресурсов на выполнение рутинных задач, а также повысить уровень качества выпускаемых документов. В целом, автоматизация является ключевым фактором для успешного управления документами и информацией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Министерство образования и науки Российской Федерации. URL: <https://minobrnauki.gov.ru/> (дата обращения: 08.12.2023).
2. Приказ Министерства образования Российской Федерации от 21.05.2015 № 636 (в ред. приказов Минобрнауки РФ от 09.02.2016 № 86, от 28.04.2016 № 502, с изм., внесенными приказом Минобрнауки России от 27.03.2020 № 490).
3. Акуленок М.В., Гулидов Д.Н. Рацинский В.П. «Документирование процедур и процессов в системе менеджмента качества» // Технологии приборостроения, 2004, №3(11), Стр.6–8.

ОБЕЗЛИЧИВАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ БИЗНЕС-АНАЛИТИКИ

Ладиков Андрей Владимирович

Руководитель отдела разработки платформы
бизнес-аналитики, АО «Лаборатория Касперского»
AndreyNot@mail.ru

DEPERSONALIZATION OF USER DATA IN BUSINESS INTELLIGENCE SYSTEMS

A. Ladikov

Summary. The article considered the types of data processing systems in organizations, typical scenarios for using data in business intelligence systems, the essence and methods of depersonalization of user data, approaches to depersonalization of user data focused on business intelligence systems. Based on the results of the study, a method for depersonalizing personal data in the business intelligence system is proposed, based on a combination of methods recommended by Roskomnadzor and allowing to reduce the limitations of each of the methods considered separately. In the proposed approach, the depersonalization system is endowed with business logic, which obliges it to recognize all incoming data formats and be able to process them. This allows you to increase the level of control over data entering the business intelligence system: unknown data structures and formats will be discarded when processed by the depersonalization system, which reduces the risk of uncontrolled ingress of user data into business intelligence systems. The separation of depersonalization and depersonalization systems allows to increase the degree of protection of users' personal data, while using asymmetric encryption algorithms allows you to store the private key in hardware security systems, which minimizes the risk of decrypting the entire database with personal identifiers when an attacker gets unauthorized access to the depersonalization system.

Keywords: data protection, confidentiality, depersonalization of data, personal data, business analytics.

Аннотация. В статье были рассмотрены виды систем обработки данных в организациях, типовые сценарии использования данных в системах бизнес-аналитики, сущность и методы обезличивания пользовательских данных, подходы к обезличиванию пользовательских данных, ориентированные на системы бизнес-аналитики. По результатам исследования предложена методика обезличивания персональных данных в системе бизнес-аналитики, построенная на основе комбинации методов, рекомендованных Роскомнадзором, и позволяющая снизить ограничения каждого из методов, рассматриваемых отдельно. В предлагаемом подходе система обезличивания наделяется бизнес-логикой, что обязывает ее распознавать все поступающие форматы данных и уметь их обрабатывать. Это позволяет повысить уровень контроля данных, поступающих в систему бизнес-аналитики: неизвестные структуры и форматы данных будут отброшены при обработке системой обезличивания, что снижает риск неконтролируемого попадания пользовательских данных в системы бизнес-аналитики. Разделение систем обезличивания и деобезличивания позволяет повысить степень защиты персональных данных пользователей, при этом, использование алгоритмов асимметричного шифрования позволяет хранить закрытый ключ в аппаратных системах защиты, что минимизирует риск расшифровки всей базы с персональными идентификаторами при получении злоумышленником несанкционированного доступа к системе обезличивания.

Ключевые слова: защита данных, конфиденциальность, обезличивание данных, персональные данные, бизнес-аналитика.

Введение

Ускоряющаяся в последние годы цифровизация экономики и общества вызывает необходимость обработки большого массива пользовательских данных в организациях, предоставляющих товары и услуги, а также обеспечения конфиденциальности полученной информации. Если при обработке пользовательской информации в бумажном виде её хищение было затруднено необходимостью физического доступа к носителям информации и временем на копирование, то с цифровизацией жизни общества злоумышленники получают новые возможности хищения пользовательских данных. При этом масштабы хищений не ограничиваются конкретным пользователем или кругом лиц. Проникновение в информационную систему позволяет получить информацию о всех пользователях практически с той же легкостью, как информацию об одном конкретном поль-

зователе. Это подтверждается участившимися случаями массовых утечек пользовательских данных, появлением сервисов, занимающихся незаконной коммерциализацией похищенных пользовательских данных: агрегацией результатов различных утечек пользовательских идентификаторов (имя, фамилия, номер телефона, адрес электронной почты, номер паспорта и так далее) [4]. Пользователи информационных систем, соглашаясь на обработку своих данных, ожидают от владельцев информационных систем обеспечения должных мер защиты предоставленной информации, а факт хищения пользовательских данных может нанести как репутационный, так и финансовый ущерб [5, 8].

Системы обработки данных в организациях

Все системы обработки данных в организациях можно разделить на два больших класса систем [10]:

1. Функциональные (оперативные) системы обработки данных, основной целью которых является предоставление пользователю основной функциональности информационной системы, например, открытие банковского счета, запрос документов, электронная оплата платежей и другое.
2. Аналитические системы (системы бизнес-аналитики), данные в которых собираются для целей последующего анализа и повышения эффективности работы информационной системы, организации, упрощения и улучшения пользовательского функционала, законной коммерциализации данных и других аналитических задач.

Ключевым отличием двух данных классов систем с точки зрения безопасности является количество операторов информационной системы внутри организации, имеющих доступ к пользовательским данным. В системах оперативной обработки данных, количество легитимных операторов, имеющих доступ к множеству пользовательских данных, может быть сведено к группе системных администраторов, обслуживающих систему. Разработчики системы ведут работу в тестовой среде с использованием искусственно созданных аналогов пользовательских данных. Доступ легитимных операторов системы, как правило, ограничен единичными запросами к системе. Другие сотрудники организации не имеют доступа к пользовательским данным. В результате подобного разграничения доступа, при условии соблюдения других мер защиты информации существенно снижается риск несанкционированного доступа к системе и, как следствие, риск массовой утечки пользовательских данных. В случае систем бизнес-аналитики количество легитимных операторов системы, имеющих доступ к данным, существенно шире, а в крупных организациях может варьироваться от десятков до сотен инженеров данных, бизнес-аналитиков, специалистов по машинному обучению и других специалистов, которым для выполнения должностных обязанностей необходим доступ к пользовательским данным. Наличие доступа к данным у большого количества специалистов существенно повышает риск утечек данных, добавляя новые вектора атак, такие как появление инсайдеров, атаки на рабочие станции, с которых осуществляется доступ к данным, атаки на пользовательские устройства, которые становятся более актуальными в связи с ростом количества удаленных сотрудников [7, 8]. Стоит отметить, что не все организации разделяют информационные системы на аналитические и системы обработки данных. Однако в данной статье рассматриваются организации, стремящиеся повысить защищенность пользовательских данных, как следствие, стремящихся разделить системы в соответствии с их функциональным назначением.

Типовые сценарии использования данных в системах бизнес-аналитики

Если функциональным системам обработки данных требуется информация по конкретному пользователю, например, поиск пользователя по началу фамилии или первым цифрам номера телефона и извлечение дополнительной информации о пользователях для последующей обработки, то задачи аналитических систем имеют другой характер. Типовыми задачами аналитических систем являются: статистические задачи подсчета общего количества пользователей системы для прогнозирования нагрузки, отнесение пользователя к определенной группе, например, по географическому признаку, по времени использования системы, определение приоритета задач по улучшению функционала информационной системы или приоритета исправления ошибок. Другими примерами аналитических задач могут быть задачи, направленные на повышение эффективности и измеримости бизнеса: определение времени жизни пользователей, их лояльности, среднего чека, наиболее востребованного функционала и других бизнес-задач. Еще одним примером класса задач бизнес-аналитики являются задачи машинного обучения, направленные на выявление похожести пользователей на основе накопленных исторических данных, предсказание потенциальных действий пользователя в системе, например, вероятности покупки того или иного товара или использования той или иной функциональности [8]. Отличительной особенностью приведенных примеров задач является отсутствие необходимости в оригинальных идентификаторах пользователя, что создает возможность использования обезличенных данных.

Обезличивание пользовательских данных

Под пользовательскими данными понимаются любые данные, переданные пользователем в информационную систему. В свою очередь, они могут быть разделены на персональные данные, позволяющие идентифицировать пользователя, и не персональные, не позволяющие идентифицировать конкретного пользователя системы. Очевидно, что обезличиванию подлежат персональные данные.

В статье 3 федерального закона Российской Федерации №152 «О персональных данных» [2] дано следующее определение обезличивания: Обезличивание персональных данных — действия, в результате которых становится невозможным без использования дополнительной информации определить принадлежность персональных данных конкретному субъекту персональных данных. Данное определение схоже с определением псевдоанонимизации, определенной в статье 4 общего регламента по защите персональных данных Европейского Союза (GDPR) [6]. Исходя из данного определения,

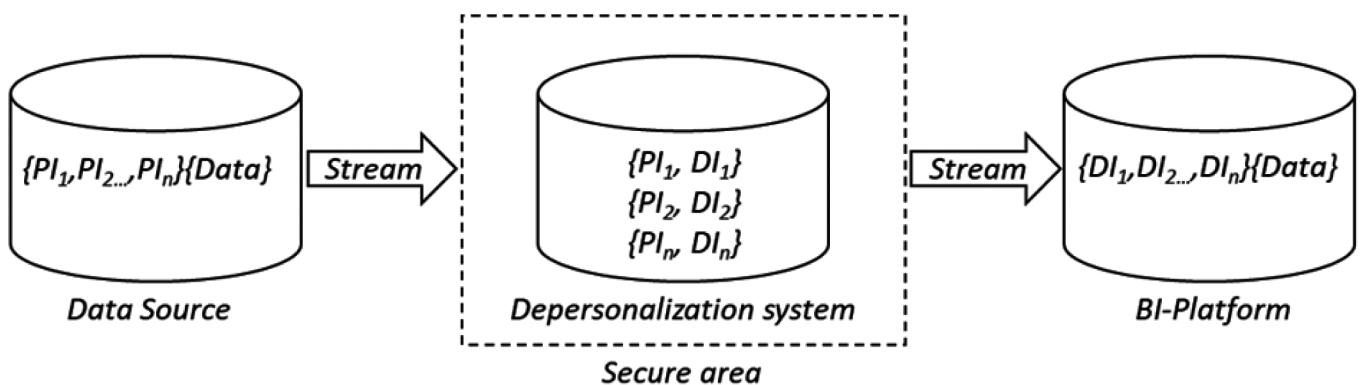
наиболее простым способом обезличивания видится шифрование полей, содержащих персональные данные, сертифицированными алгоритмами шифрования, что соответствует постулату о невозможности определения принадлежности персональных данных конкретному субъекту без дополнительной информации, которой, в данном случае, выступает ключ шифрования. Наиболее существенным ограничением шифрования, как способа обезличивания, является изменение структуры данных — любое семантически значимое поле будет превращено в набор байт произвольного содержания, что потребует существенных изменений структуры хранилищ данных для применения данного метода. В методических рекомендациях Роскомнадзора перечислены наиболее перспективные методы обезличивания персональных данных: метод введения идентификаторов, метод замены состава информации, метод декомпозиции и метод перемешивания [3].

Методика обезличивания пользовательских данных

В основе предлагаемого метода обезличивания лежит метод введения идентификаторов, который в системах электронных платежей называется токенизацией. Суть данного метода заключается в замене персональных данных случайно или псевдослучайно созданными идентификаторами, причем для каждого нового персонального идентификатора случайный идентификатор создается только один раз, при первом его появлении. Таблица соответствия хранится в системе обезличивания. Безопасность данного метода обезличивания обеспечивается реализацией организационно технических методов защиты системы. Схема работы данного метода обезличивания представлена на рисунке 1.

Одним из недостатков данной системы является неполное выполнение свойства релевантности: в случае, если обезличиванию подвергаются данные определенной структуры, например, номер телефона, имя, фамилия или отчество, номер паспорта, они будут заменены численно-буквенными идентификаторами (как пример, будут заменены на GUID). В случае если обезличиванию подвергается уже спроектированная система бизнес-аналитики, этот недостаток существенен, так как типы полей данных и правила их проверки на допустимые значения уже определены. Как следствие, внедрение системы обезличивания, основанной на методе введения идентификаторов, потребует перепроектирования системы бизнес-аналитики, что в ряде случаев требует больших инвестиций. Оптимальным вариантом обезличивания данных в системе бизнес-аналитики является тот, при котором данные сохраняют свою типизацию, и для обезличивания системы достаточно или последовательно произвести обезличивание данных в текущей системе, или подготовить копию используемой системы бизнес-аналитики и наполнить ее данными, предварительно обработав их системой обезличивания. Добиться этого возможно путем выбора случайным образом идентификатора, замещающего персональную информацию из множества допустимых идентификаторов для заданного типа данных. Например, процесс обезличивания телефонного номера может выглядеть следующим образом:

1. Получить на вход системы обезличивания телефонный номер.
2. Определить код страны номера и его формат.
3. Случайно выбрать телефонный номер из множества ранее не использованных номеров заданного формата и пометить номер как используемый (либо сгенерировать номер).



где: *Data Source* - первоисточник пользовательских данных, содержащий персональные данные или другие данные пользователя; *Depersonalization system* – система обезличивания данных, хранящая таблицу соответствия персонального идентификатора и созданного для него обезличенного идентификатора; *BI-Platform* - система бизнес-аналитики; *Secure area* - защищенный периметр системы обезличивания; *Stream* - потоки данных; P_i – персональный идентификатор; D_i – обезличенный идентификатор, поставленный в соответствие персональному идентификатору P_i ; *Data* – неперсональные данные пользователя, ассоциированные с персональными данными.

Рис. 1. Схема работы системы обезличивания методом введения идентификаторов

Источник: составлено автором

4. Сохранить в таблицу соответствия системы обезличивания связь пользовательского телефонного номера и его обезличенного идентификатора.
5. В обрабатываемом наборе данных заменить пользовательский телефонный номер на обезличенный.
6. Сохранить набор данных в систему бизнес-аналитики.

Предлагаемый подход к обезличиванию является комбинацией метода введения идентификаторов и метода перемешивания, с той разницей, что при использовании метода перемешивания допустимым набором данных для замены пользовательского идентификатора на обезличенный является множество поступивших в систему данных. В описанном подходе, обезличенный идентификатор выбирается из всего множества допустимых значений для обезличиваемого типа данных.

Следующим необходимым компонентом системы обезличивания является возможность изменения состава и семантики поступающих данных. К примеру, в случае поступления в систему бизнес-аналитики почтовых адресов или координат местоположения пользователя появляется возможность косвенного его деобезличивания. При этом применить метод перемешивания или метод введения идентификаторов к подобным данным нельзя, так как будет утеряна их аналитическая ценность. Как следствие, для данных, которые не являются однозначно идентифицирующими пользователя, рекомендуется применять другой подход, основанный на изменении состава и семантики данных. Например, в случае обезличивания координат нахождения пользователя может применяться метод их округления.

В предлагаемом подходе система обезличивания разделяется бизнес-логикой, что обязывает ее распознавать все поступающие форматы данных и уметь их обрабатывать. С одной стороны, это приводит к усложнению системы, однако, повышает уровень контроля данных, поступающих в систему бизнес-аналитики: неизвестные структуры и форматы данных будут отброшены при обработке системой обезличивания, что снижает риск неконтролируемого попадания пользовательских данных в системы бизнес-аналитики.

Защита системы обезличивания от утечек

Безопасность пользовательских данных, при использовании метода введения идентификаторов, обеспечивается за счет сохранения в секрете таблицы соответствия персонального идентификатора и сопоставленного ему обезличенного идентификатора, то есть, обеспечивается организационно-техническими методами защиты системы обезличивания. Для понимания способов повышения безопасности таблицы соот-

ветствия важно осознавать цели ее использования, которые, могут быть следующими: проверка поступающих пользовательских идентификаторов на наличие в таблице соответствия с целью принятия решения о генерации нового обезличенного идентификатора или использования существующего, путем его извлечения из таблицы соответствия; деобезличивание данных, в случаях, если требуется обработка персональных данных.

Важно отметить, что при использовании метода введения идентификаторов отказаться от таблицы соответствия невозможно, так как она гарантирует работоспособность метода. При этом поддержка сценариев деобезличивания не является обязательным требованием для систем бизнес-аналитики, однако, данный сценарий может быть востребован в случае выявления в данных ошибок или же в случае необходимости деобезличивания данных с целью их передачи в систему, осуществляющую коммуникации с пользователями. Так как первый сценарий является обязательным свойством системы деобезличивания, а второй нет, появляется возможность повышения безопасности системы обезличивания путем выделения системы инструмента деобезличивания данных. Это позволяет отказаться от хранения системы обезличивания персональных идентификаторов в открытом виде, заменив их, к примеру, на зашифрованные идентификаторы. В случае применения асимметричных алгоритмов шифрования система обезличивания может хранить только открытую часть ключа шифрования, что не позволит злоумышленнику сопоставить обезличенные данные с персональными при получении доступа к системе обезличивания [9].

Безопасность метода в этом случае повышается за счет отделения системы обезличивания в отдельную подсистему, которая, в свою очередь, может быть передана на обслуживание отдельному департаменту компании или же третьей, независимой стороне, являющейся гарантом обеспечения безопасности данных в системе (по аналогии с удостоверяющими центрами). Персональные данные пользователей в системе обезличивания являются перемешанными и не несут для злоумышленника практической пользы без получения доступа к системе деобезличивания и системе бизнес-аналитики.

В этом случае алгоритм обезличивания будет следующим:

1. Система обезличивания получает на вход набор данных, требующих обезличивания.
2. Выделяет из полученного набора данные, подлежащие обезличиванию, производя для каждого типа персональных идентификаторов следующую процедуру.
 - система обезличивания шифрует персональный идентификатор открытым ключом и производит поиск зашифрованной записи в таблице;

- если зашифрованный персональный идентификатор найден в таблице соответствия, то персональный идентификатор в полученном наборе данных заменяется на найденный в таблице обезличенный идентификатор;
 - если зашифрованный персональный идентификатор не был найден в таблице, то для оригинального персонального идентификатора генерируется обезличенный идентификатор; зашифрованный и обезличенный идентификатор сохраняются в таблицу, персональный идентификатор в полученном наборе данных заменяется на созданный обезличенный идентификатор.
3. Обезличенный набор данных передается в систему бизнес-аналитики для дальнейшей обработки.

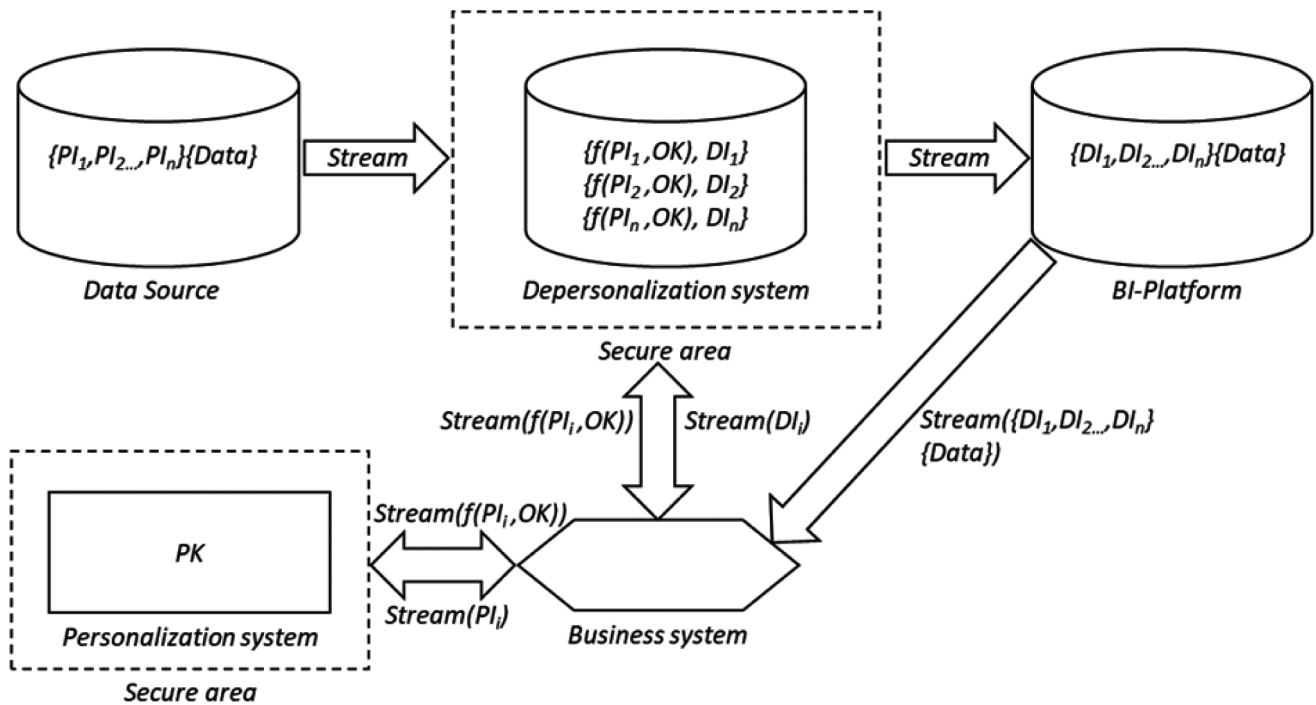
Алгоритм деобезличивания будет следующим:

1. Из системы бизнес-аналитики извлекаются данные, содержащие обезличенные идентификаторы.

2. Обезличенные идентификаторы передаются в систему обезличивания, из которой извлекаются зашифрованные идентификаторы.
3. Шифрованные персональные идентификаторы передаются в систему деобезличивания.
4. Система деобезличивания производит расшифровку персональных идентификаторов закрытым ключом, после чего передает персональные идентификаторы запрашивающей системе.

Схематически, работа разделенных систем обезличивания и деобезличивания приведена на рисунке 2.

Разделение систем позволяет повысить степень защиты персональных данных пользователей, при этом, использование алгоритмов асимметричного шифрования позволяет хранить закрытый ключ в аппаратных системах защиты, что минимизирует риск расшифровки всей базы с персональными идентификаторами при



где *Data Source* - первоисточник пользовательских данных, содержащий персональные данные или другие идентификаторы пользователя; *Depersonalization system* - система обезличивания данных, хранящая зашифрованные открытым ключом персональные данные и соответствующие им обезличенные идентификаторы; *BI-Platform* - система бизнес-аналитики использующая обезличенные данные; *Personalization system* - система деобезличивания, позволяющая расшифровать персональные данные, зашифрованные в системе обезличивания; *Secure area* - защищенные периметры; *Business system* - система, желающая легитимно деобезличить персональные данные; P_i - персональный идентификатор; D_i - обезличенный идентификатор, поставленный в соответствие персональному идентификатору P_i ; *Data* - неперсональные данные пользователя, ассоциированные с персональными данными; $f(P_i, OK)$ - персональный идентификатор P_i , зашифрованный открытым ключом OK с использованием алгоритма асимметричного шифрования $f()$; *PK* - закрытый ключ, используемый для расшифровки персональных данных системой деперсонализации; *Stream* - потоки данных при обезличивании; $Stream(\{D_1, D_2, \dots, D_n\} \{Data\})$ - получение данных из системы бизнес-аналитики для обезличивания; $Stream(D_i)$, $Stream(f(P_i, OK))$ - запрос по обезличенному идентификатору D_i зашифрованного персонального идентификатора $f(P_i, OK)$ и возврат данного идентификатора; $Stream(f(P_i, OK))$, $Stream(P_i)$ - запрос на расшифровку зашифрованного персонального идентификатора и возврат персонального идентификатора запрашивающей системе.

Рис. 2. Схема деобезличивания данных при разделении систем обезличивания и деобезличивания

Источник: составлено автором

получении злоумышленником несанкционированного доступа к системе обезличивания. Далее приведены практические рекомендации по обезличиванию данных в системах бизнес-аналитики.

1. Для повышения защиты пользовательских данных рекомендуется проводить обезличивание не только данных, относящихся к персональным в соответствии с действующим законодательством, но и любых других данных, которые могут помочь злоумышленнику идентифицировать конкретных пользователей с минимальными усилиями путем сопоставления данных, полученных из скомпрометированной системы, с данными из других источников.
2. При использовании метода введения идентификаторов, рекомендуется формировать релевантные идентификаторы, структура которых соответствует структуре входных данных. Например, при создании идентификатора для номера телефона, идентификатор должен формироваться по формату, соответствующему номеру телефона и состоять из цифр и кода страны, а идентификатор для адресов электронной почты допустимо формировать из английских символов, разделенных символом «@».
3. При обезличивании составных идентификаторов, таких как ФИО, рекомендуется обезличивать каждую его часть отдельно.
4. Данные, не являющиеся идентификаторами, но позволяющие идентифицировать конкретного пользователя по косвенным признакам, например, координаты, IP-адреса, рекомендуется обезличивать методом изменения состава и семантики данных. К примеру, для координат применимо понижение точности, для адресов возможно удаление части адреса.

5. В случае если система бизнес-аналитики предполагает возможность деобезличивания данных, рекомендуется разделить системы обезличивания и деобезличивания. При этом разделение должно быть как техническое, разделяющее системы по различным сегментам сетей и системам, так и организационное, разделяющее администраторов систем.
6. Обработка данных в системе бизнес-аналитики должна выполнять все операции с использованием обезличенных данных, как следствие, система деобезличивания не должна допускать деобезличивания полного набора данных, ограничивая запросы конкретными подмножествами данных, при этом контролируя цели, с которыми оно производится и легитимность субъекта.

Выводы

В статье были рассмотрены виды систем обработки данных в организациях, типовые сценарии использования данных в системах бизнес-аналитики, сущность и методы обезличивания пользовательских данных, подходы к обезличиванию пользовательских данных, ориентированные на системы бизнес-аналитики. По результатам исследования предложена методика обезличивания персональных данных в системе бизнес-аналитики, построенная на основе комбинации методов, рекомендованных Роскомнадзором, и позволяющая снизить ограничения каждого из методов, рассматриваемых отдельно. Предложенные практические рекомендации к обезличиванию данных в системах бизнес-аналитики при незначительной их модификации можно использовать для обезличивания данных в системах с другим функциональным назначением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30 декабря 2001 г. № 195-ФЗ.
2. Федеральный закон от 27.07.2006 г. №152-ФЗ «О персональных данных» (ред. от 06.02.2023).
3. Приказ Роскомнадзора от 05.09.2013 №996 «Об утверждении требований и методов по обезличиванию персональных данных».
4. Аналитический отчет «Лаборатории Касперского»: «Значимые утечки данных в 2022 году». — URL: <https://go.kaspersky.com/ru-data-leakage-report-2022> (дата обращения: 25.12.2023).
5. Виноградова, В.Л., Худякова Н.С., Милованова Л.Р. Защита персональных данных в России: методы и технологии соблюдения регулирования персональных данных // Скиф. — 2023. — №8 (84). — С. 61–65.
6. Общий регламент защиты персональных данных Европейского Союза. — URL: <https://gdpr-info.eu/> (дата обращения: 25.12.2023).
7. Селюк, А.С. Защита персональных данных в цифровом пространстве // Вестник Университета имени О.Е. Кутафина. — 2023. — №2. — С. 110–119.
8. Шагапов, И.Р. Защита персональных данных в условиях развития цифровой экономики // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. — 2023. — № 1–3 (76). — С. 153–155.
9. Шнайер, Б. Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы и исходный код на С. [пер. с Англ.]. — Москва: Диалектика, 2022. — 1040 с.
10. DAMA-DMBOOK: Свод знаний по управлению данными. Второе издание / Dama International [пер. с англ Г. Агафонова]. — Москва: Олимп-Бизнес, 2020. — 828 с.

© Ладиков Андрей Владимирович (AndreyNot@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

UX-СОГЛАШЕНИЕ: ПРЕОДОЛЕНИЕ РАЗНОГЛАСИЙ МЕЖДУ РАЗРАБОТЧИКАМИ И ЗАКАЗЧИКАМИ

UX AGREEMENT: OVERCOMING DISAGREEMENTS BETWEEN DEVELOPERS AND CUSTOMERS

V. Maximov

Summary. The article discusses the problems of interaction between the customer and the contractor within the framework of the UX concept. The purpose of the work is to study non-direct knowledge of users in the field of user interface, for example, whether they are aware of various action models or not. Thematically, within the framework of this work, it is more interesting whether the same understanding exists, so the criteria are considered rather in a comparative form. Possible solutions are analyzed and recommendations for their optimal application are given.

Keywords: user experience, developer, customer, project, product, action model.

Максимов Влас Константинович

Член Академии интерактивных
и визуальных искусств (AIVA), Продуктовый дизайнер,
компания TrendTech, Москва
maksimovvlas1998@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы взаимодействия между заказчиком и исполнителем в рамках концепции UX. Цель работы — изучить не непосредственные знания пользователей в области пользовательского интерфейса, например, известны ли им различные модели действий или нет, а определить существует ли одинаковое понимание обеих сторон, поэтому критерии рассматриваются скорее в сравнительной форме. Проанализированы возможные решения, даны рекомендации по их оптимальному применению.

Ключевые слова: пользовательский опыт, разработчик, заказчик, проект, продукт, модель действия.

Введение

Профессионалы в области пользовательского опыта (User eXperience — UX) сталкиваются с некоторыми проблемами, связанными с сотрудничеством между подрядчиками и работодателями [1, 2]. Многие компании осознают, что для того, чтобы соответствовать ожиданиям своих клиентов, они должны уделять пристальное внимание пользовательскому интерфейсу (User Interface — UI) своих продуктов [3]. Также было понятно, что с этой целью с помощью пользовательского дизайна (User Centered Design — UCD) пользователь может быть интегрирован в процесс разработки, чтобы за короткое время получить много информации для дальнейшей разработки продукта и не пропустить разработку продукта мимо клиента [4].

Однако очевидно, что UX часто не уделяется должного внимания предприятиям или рассматривается только на поздних этапах процесса разработки. Если UX с самого начала не используется в качестве вспомогательного средства для проектов разработки, он может превратиться в фарс, например, из-за политической или маркетинговой мотивации компаний, соответственно их представителей. Многие люди, отвечающие за заключение контрактов UX на предприятиях, не имеют образования или профессиональной подготовки в области взаимодействия человека и машины.

Появилась концепция решения, которая позволяет оценивать продукт или проект с точки зрения пользо-

вательского интерфейса даже без непосредственного знания UX. Он состоит из комбинации настольной игры и онлайн-платформы с интерфейсом подключения и предназначен для руководителей проектов, менеджеров по продуктам, владельцев продуктов и других организаций, которые несут ответственность за (дальнейшую) разработку продукта. Концепция была протестирована в двух итерациях с участием шести человек в каждой [5].

В настоящее время все еще существует большая неопределенность в отношении того, какими могут быть возможные триггеры. В рамках данной работы на этот вопрос можно ответить частично, и он требует дальнейшего изучения, например, с помощью анкет, которые более подробно освещают текущий способ работы и корпоративную культуру, связанную с дальнейшими разработками продуктов.

Формулировка проблемы

Внешние сотрудники часто целенаправленно вовлекаются в проекты, когда «свежий взгляд» и новые перспективы необходимы для успеха проекта. В проектах, ориентированных на пользователя, это также делается опытным путем, чтобы нарушить рутину и не упускать пользователей из виду. В этом контексте можно заметить, что многие подобные действия в проектах, проходят не лучшим образом. Это приводит к разочарованию как заказчиков, так и специалистов по UX, что может

привести к тому, что отношение к пользовательскому опыту, который может внести большой вклад в полезные и ценные продукты, перерастет в недовольство, заказы на UX сокращаются, а потенциал останется неиспользованным. Поэтому предполагается улучшить это обстоятельство для профессионалов UX и заказчиков UX.

Проблемы, которые могут вызвать недовольство профессионалов UX и, косвенно, их клиентов, сведены в таблицу 1.

Таблица 1.

Причины разногласий клиентов и заказчиков

Понимание UX:	Малый бюджета заказчика для адекватной реализации UX-методов
	Использование только в маркетинговых или коммуникационных целях
	Руководители не открыты для предложений профессионалов UX по оптимизации
	Заказчики ожидают от профессионалов UX глубокого понимания технической основы продуктов.
	Заказчики ожидают, что некоторые готовые решения для UX-задач своих продуктов, над которыми они сами работали месяцами или даже годами, будут готовы в кратчайшие сроки.
	Заказчики частично определяют то, что они хотели бы услышать от профессионалов UX (например, что должно быть записано в отчетах).
Процесс найма	В процессе разработки продукта (дальнейшего) нет специалистов по пользовательскому интерфейсу.
	Должностные инструкции по-разному интерпретируются заказчиком и подрядчиками.
	Внешние специалисты по UX слишком дороги.

Всеобъемлющим видением окончательного решения, способствующего сотрудничеству заказчика и подрядчика в области взаимодействия с пользователем и позволяющего избежать указанных проблем, был бы современный UX-офис, а также онлайн-платформа. В офисе специалисты по UX встречаются и обсуждают текущие проекты. Помещения предоставляют простор для творчества, а инфраструктура предоставляется за отдельную плату. Руководители также включены в концепцию и могут проводить импровизированные сессии для ознакомления, тестирования или творческих сессий; помещения оборудованы соответствующим образом. Онлайн-платформа предоставляет своего рода торговую площадку, на которой могут присутствовать руководители и подрядчики. Это способствует общему пониманию UX и позволяет целенаправленно и быстро фильтровать подходящих кандидатов в соответствии с текущими потребностями в проекте разработки продукта (дальнейшего).

Цель исследования

Исследование должно быть сосредоточено на ответе на следующий вопрос: «Как профессионалы в области пользовательского интерфейса и заказчики могут эффективно находить друг друга?»

Для этого необходимо исследовать проблемное пространство, выделить подпространства и решить их в виде прототипа. Основой для прототипа являются результаты соответствующего исследования пользователей. Таким образом, цель может быть сформулирована следующим образом: разработка концепции решения для улучшения взаимодействия между профессионалами в области пользовательского интерфейса и заказчиками.

Исходя из проблем, сформулируем следующие гипотезы:

1. Между подрядчиками и заказчиком существует различное представление о пользовательском интерфейсе UX.
2. Потенциальные клиенты не понимают среду взаимодействия с пользователем и не могут определить профессиональные специализации.

Полученные результаты могут быть актуальны для сообщества UX, поскольку они определяют возможные проблемы при заключении контрактов и исследуют восприятие предполагаемых заинтересованных сторон. Эти результаты могут стать основой для дальнейших исследований. Кроме того, в этой работе сам по себе разрабатывается подход к решению, который позволяет решать отдельные аспекты проблем. Возможно, это может даже привести к созданию стартапа, который впоследствии будет продвигать разработанный продукт.

Результаты

Цель данной работы состоит в том, чтобы разработать возможные решения с учетом теоретических причин с помощью ориентированного на пользователя подхода. Практические модели предоставляют возможность структурировать проекты и работать с установленными процессами. Выбор модели действий для проекта предполагает рассмотрение его преимуществ и недостатков. При этом характер исследуемой проблемы может быть решающим критерием для выбора модели действий.

1. Стратегии решения проблем и креативность

Стратегии решения проблем описывают операции, которые могут быть применены для перехода от проблемного пространства к решению проблемы: метод проб и ошибок и метод широты и глубины [6]. «Широта-глубина» описывает сходящийся и расходящийся про-

цесс: сначала выполняется операция в ширину, например, путем рассмотрения нескольких альтернатив, затем выбирается альтернатива и исследуется более подробно. Творческий подход позволяет решать проблемы, решения которых еще не найдены. Креативность можно стимулировать, если применять творческие методы [6].

Проблемы, которые необходимо решить, можно классифицировать по-разному, например, по длительному воздействию потенциального решения (тривиальное, важное), его влиянию на пострадавших (негативное, положительное) или характеру возникновения (активное, реактивное) [6]. Что касается сложности для разрешимости проблем, часто говорят о двух типах: четко определенных и плохо определенных проблемах [7]. В отличие от четко определенных проблем, плохо определенные проблемы характеризуются тем, что они изначально не до конца поняты или из которых не могут быть выделены непосредственные цели и решения. Подмножеством плохо определенных проблем являются сложные проблемы (англ. wicked problems, часто переводится как вредоносная или коварная проблема) [7]. Можно предположить, что их практически невозможно полностью понять или решить, поскольку они имеют высокую внутреннюю сложность или имеют очень много зависимостей от других проблем.

2. Модели действий, ориентированные на пользователя

Ориентированные на пользователя модели действий переводят наблюдаемые или предполагаемые проблемы (фактическое состояние) в решение (предполагаемое состояние) с учетом потребностей и целей пользователей. Что касается характера проблемы, то модели действий могут иметь различную полезность. Например, совместный дизайн пользовательского интерфейса предназначен для выявления возможностей оптимизации существующего продукта [8]. Хотя исследование пользователей по-прежнему является ключевым элементом, можно с уверенностью предположить, что потенциал продукта должен быть хорошо заметен и понятен, и поэтому совместный дизайн пользовательского интерфейса подходит для решения четко определенных задач. В контекстном дизайне также можно найти идеи решений, которые еще не определены в начале, т.е. даже для ранее неизвестных продуктов [9]. Однако для применения контекстуального интервью проблемное пространство должно быть достаточно хорошо ограничено, чтобы наблюдение можно было применить к конкретному действию или конкретному случаю.

Ориентированные на пользователя модели действий обеспечивают преимущество изучения и учета потребностей и целей реальных или потенциальных пользователей в отношении проблемы или продукта. Обычно

потребности и цели выявляются на этапе исследования, учитываются при разработке продукта и в конце проходят перекрестное тестирование с пользователями, причем итеративный подход осуществляется различными способами: прототипы создаются на каждой итерации с повышением уровня зрелости и тестируются с пользователями. Это позволяет эффективно опробовать, протестировать и развить идеи.

3. Дизайнерское мышление

Дизайн-мышление можно назвать инновационной методологией, использующей итеративный процесс для получения ориентированных на пользователя результатов для решения сложных задач [10]. Это делает дизайнерское мышление идеальным для решения плохо определенных проблем. Дизайнерское мышление часто сочетает в себе творческие методы и методы, ориентированные на пользователя.

Дизайнерское мышление описывает не только итеративный процесс, но и, в частности, основывается на ряде основных принципов, направленных на стимулирование творчества в предпринимательской деятельности [10], таких как:

- сочувствие: проявляя сочувствие, можно лучше понять проблемы, с которыми сталкиваются люди;
- неудача — важнейшая часть процесса обучения;
- ошибки, которые случаются часто: частое совершение ошибок приводит к ускорению процесса обучения;
- автономия: команды обладают автономией в принятии решений и действиях, что повышает креативность;
- конструктивная обратная связь: помогает развивать идеи;
- осязаемость результата: все результаты должны быть осязаемыми или понятными, это делает сложность задач более управляемой;
- междисциплинарность: команда извлекает выгоду из различных знаний и стратегий отдельных людей;
- оптимизм и любопытство: члены команды усваивают поиск новых вопросов и подходов к их решению;
- эксперимент: решения должны быть опробованы на ранней стадии и быстро, эксперимент предшествует теории.

В зависимости от характера проблемы могут применяться различные методы, основанные на вышеупомянутых принципах. Они отображаются в так называемых микроциклах и макроциклах. Макроцикл может быть установлен на временную шкалу в процессе выполнения проекта и будет выполняться только один раз. Микроцикл соответствует итерациям, которые могут выполняться несколько раз за фазу макроцикла.

Первые несколько итераций дизайнерского мышления предназначены для того, чтобы лучше абстрагироваться от проблемного пространства. Когда проблемное пространство понято, то есть пройдена так называемая «зона стона», итерации служат для выработки идей решения [10]. Например, для каждой итерации до «зоны стона» создается прототип другого типа (например, так называемые прототипы темной лошадки» [10, 11].

В большинстве случаев этапы итерации проектного мышления также можно пропустить или вернуться назад, например, когда при создании идей решения выявляются подзадачи, которые еще предстоит изучить.

4. Двойной бриллиант

Двойной бриллиант — это модель творческого процесса, часто демонстрируемая в сочетании с 6-ступенчатым дизайнерским мышлением [12]. Модель представлена в виде диаграммы, состоящей из двух ромбов (рис. 1). Первый ромб образует пространство задач, второй — пространство решений, где в каждом пространстве задачи сначала расходятся, а затем сходятся.

Таким образом, процесс состоит из четырех этапов: понимание, определение, разработка, завершение [13]. На этапе понимания проводится исследование пользователей с целью понимания проблемы с точки зрения

пользователя. На этапе определения проблема конкретизируется, когда команда проекта определяет, какие (частичные) проблемы будут решены. На этапе разработки разрабатываются некоторые идеи решений и по возможности быстро запрашиваются соответствующие отзывы. На этапе доработки требуется конкретное решение, которое будет реализовано в дальнейшем.

5. Проектный спринт

Дизайн-спринт подходит для очень быстрого поиска и тестирования идей решений [14, 15]. Процесс состоит из 5 этапов, из которых один этап выполняется за один день и, следовательно, одна итерация выполняется за пять дней. Используемые методы разработаны с учетом коротких временных рамок, например, для сужения круга задач, которые необходимо решить. Необходимо определить конкретную (частичную) проблему, которая достаточно мала, чтобы ее можно было решить за этот короткий промежуток времени.

Заключение

Модели действий, ориентированные на пользователя, учитывают потребности и цели пользователя, чтобы создавать продукты, которые оказывают большее влияние на пользователей и повышают их удовлетворенность. Идеи решений и прототипы разрабатываются

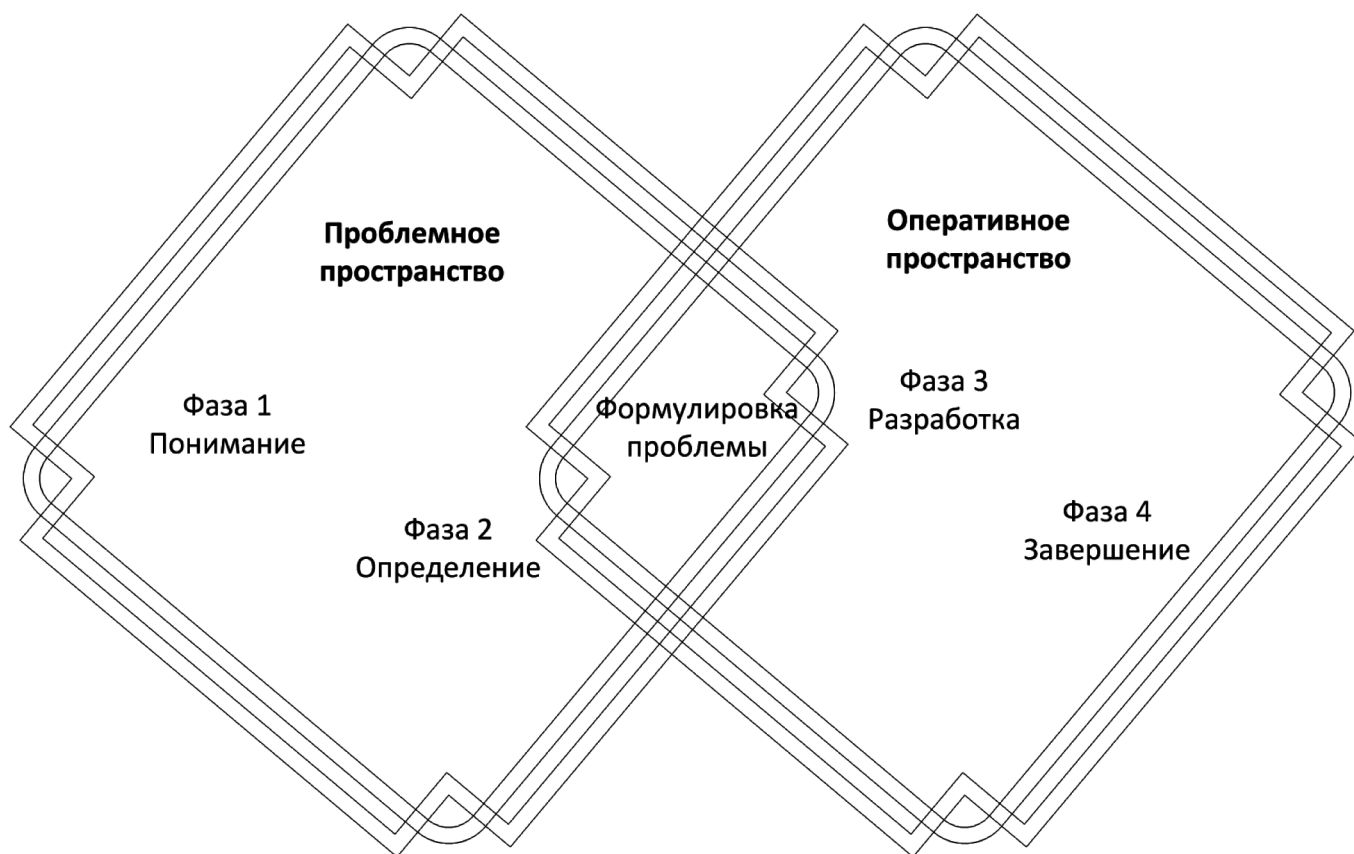


Рис. 1. Двойной бриллиант (по данным [12, 13]).

на ранней стадии и тестируются с пользователями итеративно по мере их развития. Однако модели действий не очень подходят для плохо определенных проблем, поскольку методы исследования в проблемном пространстве часто слишком ограничены. Однако к ним вполне можно подойти творческими методами. Дизайн-

нерское мышление сочетает в себе креативные методы и ориентированность на пользователя, и по этой причине оно подходит даже для плохо определенных задач. Пять этапов дизайн-спринта также подходят для быстрого создания и тестирования идей решений, но этап исследования очень короткий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кравченко К.И., Минеева Т.А. Принципы и приёмы разработки UX дизайна // Тенденции развития науки и образования. — 2021. — №. 75-1. — С. 42–46.
2. Копов С.А., Шибанов С.В., Макарычев П.П. User Experience как новый уровень качества программного обеспечения // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». — 2009. — Т. 1. — С. 102–105.
3. Alomari H.W. et al. A User Interface (UI) and User eXperience (UX) evaluation framework for cyberlearning environments in computer science and software engineering education // Heliyon. — 2020. — Т. 6. — №. 5.
4. Jurca G., Hellmann T.D., Maurer F. Integrating agile and user-centered design: A systematic mapping and review of evaluation and validation studies of agile-UX // 2014 Agile conference. — IEEE, 2014. — С. 24–32.
5. Hartelius U., Fröhlander J., Björk S. Tisch digital tools supporting board games // Proceedings of the International Conference on the Foundations of Digital Games. — 2012. — С. 196–203.
6. Norman K.L. Better design of menu selection systems through cognitive psychology and human factors // Human factors. — 2008. — Т. 50. — №. 3. — С. 556–559.
7. Pretz J.E., Naples A.J., Sternberg R.J. Recognizing, defining, and representing problems // The psychology of problem solving. — 2003. — Т. 30. — №. 3. — С. 3–30.
8. Kerpen D., Conrad J., Wallach D. A Formalisation Approach for Collaborative User Experience Design // Proceedings of the Design Society: DESIGN Conference. — Cambridge University Press, 2020. — Т. 1. — С. 947–956.
9. Augstein M. et al. Contextual Design in Industrial Settings: Experiences and Recommendations // ICEIS (2). — 2018. — С. 429–440.
10. Haskamp T. et al. Implementing Design Thinking for Non-Designers: Learning Profiles from a Q-Methodology Study // ISPIIM Conference Proceedings. — The International Society for Professional Innovation Management (ISPIIM), 2020. — С. 1–14.
11. McCausland T. Design thinking revisited // Research-Technology Management. — 2020. — Т. 63. — №. 4. — С. 59–63.
12. Council D. Eleven lessons: managing design in eleven global companies // London: Design Council. — 2007. — Т. 44. — С. 272099.
13. Pyykkö H., Suoheimo M., Walter S. Approaching sustainability transition in supply chains as a wicked problem: systematic literature review in light of the evolved double diamond design process model // Processes. — 2021. — Т. 9. — №. 12. — С. 2135.
14. Spears J. Knapp, Jake with others. Sprint: How To Solve Big Problems and Test New Ideas in Just Five Days // Library Journal. — 2016. — Т. 141. — №. 4. — С. 107–109.
15. Graf-Vlachy L. et al. The innovator's media dilemma: How journalists cover incumbents' adoption of discontinuous technologies // Journal of Product Innovation Management. — 2023. — Т. 40. — №. 1. — С. 3–29.

ОСОБЕННОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ЦИФРОВИЗАЦИИ

FEATURES AND POSSIBILITIES
OF DIGITALIZATION

D. Novoselova

Summary. This article examines the current trends of digitalization in the field of education, as well as in the detection of existing problems and the proposal of ways to overcome them. The course of digitalization in departmental educational organizations is considered. The formed problematic aspects are identified and possible options for their elimination are proposed.

Keywords: digitalization, digital educational technologies, digitalization of departmental universities.

Новоселова Дарья Викторовна

Кандидат физико-математических наук, доцент,
ФКОУ ВО Кузбасский институт ФСИИ России
DmitDarya@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются современные тенденции цифровизации в сфере образования, а также в обнаружении существующих проблем и предложении путей их преодоления. Рассмотрено протекание цифровизации в ведомственных образовательных организациях. Выявлены образовавшиеся проблемные аспекты и предложены возможные варианты для их устранения.

Ключевые слова: цифровизация, цифровые образовательные технологии, цифровизация ведомственных вузов.

Мы живём в период развития информационного (цифрового) общества. Современность характеризуется высоким темпом изменений, появлением различных новых технологий, которые постепенно внедряются во все сферы жизнедеятельности общества. Сфера образования не является исключением и преследует цель расширить возможности получения информации — знаний. Поэтому возникает необходимость следить за нововведениями и изучать их, чтобы не остаться в стороне, а более эффективно, качественно и полно получать образование.

Актуальность и своевременность исследуемого вопроса отражена в нормативно-правовых документах Российской Федерации «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», «Об образовании в Российской Федерации», «О бесплатной юридической помощи в Российской Федерации»; Указами Президента: «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года», «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы», «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»; Постановлением Правительства: «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Информационное общество»»; Приказом ФСИИ России «Об утверждении ведомственной программы цифровой трансформации Федеральной службы исполнения наказаний на 2021 год и на плановый период 2022 и 2023 годов» и т.д.

Как отмечают некоторые авторы, распространение компьютерной техники и появление средств мобильной связи в 90-е годы XX века является историческими предпосылками развития идеи глобальной цифровизации [8].

Для термина «цифровизация» не существует единого закреплённого определения, которое охватывало бы всю масштабность его распространения. Исходя из изучения правовой доктрины, обозначим следующее определение: цифровизация — это явление современного этапа общественного развития, которое представляет массовое внедрение новых технологий во все сферы деятельности людей с целью упрощения и повышения уровня эффективности, а также оцифровывание информации, то есть переход информации в цифровой формат для дальнейшего хранения, использования и распространения [9].

Основной вклад в развитие понимания термина цифровизация внесли следующих ученые: Катрин Е.В., Житников А.В., Ярош А.С., Минина В.Н.

Из анализа их трудов можно выделить основные направления, черты цифровизации.

Характерными чертами цифровизации являются:

- всеобъемлемость, цифровизация должна касаться всех направлений жизни человека, т.е. личную, общественную, профессиональную и т.п.;
- неограниченность, это означает, что нельзя ограничиваться одной стороной или объединением стран, распространение должно быть без территориальных ограничений;
- неизбежность, потому что общественная жизнь — это постоянно развивающаяся система, и она не сможет остановиться на таком явлении как цифровизация, в дальнейшем будет изобретено что-то новое.

Исходя из выше сказанного отметим следующие цели цифровизации:

- во-первых, внедрение открытой информации, являющейся неотъемлемой частью глобальной цифровизации;
- во-вторых, улучшение социальных, политических, экономических и духовных факторов человеческой жизни;
- в-третьих, ускорение и усовершенствование протекания различных процессов.

В Федеральном законе «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» [3] в ст. 3 можно обнаружить принципы правового регулирования, которые включают в себя:

- свободу поиска, получения, передачи, производства и распространения информации любыми законными способами;
- доступ к информации о деятельности государственных органов и органов местного самоуправления;
- равноправие языков народов Российской Федерации (далее РФ) при создании информационных систем и их эксплуатации;
- обеспечение информационной безопасности;
- достоверность и актуальность информации;
- защита прав и свобод человека в информационной области;
- и другие.

Одной из национальных целей развития РФ на период до 2030 года является цифровая трансформация [4]. Планируется повышение уровня «цифровой зрелости» ключевых отраслей экономики и социальной сферы, в том числе здравоохранения и образования, а также государственного управления. Для этого необходимо увеличить численность специалистов, которые интенсивно используют информационно-коммуникационные технологии, увеличить расходы организаций на внедрение и использование современного цифрового оборудования [5].

Увеличивая долю массовых социально значимых услуг в электронном доступе, государство стремится достигать доверия и удовлетворённости граждан от получения услуг в электронном виде и упрощать данный процесс.

Также, для достижения цели следует повышать доступность финансирования, реализовывать программы высшего, среднего и дополнительного профессионального образования по наиболее востребованным или ранее отсутствовавшим направлениям и специальностям в сфере информационных технологий, чтобы обеспечить возрастающую потребность рынка в специалистах данного профиля.

Однако, цифровизация, как и почти любое явление, имеет помимо положительных и отрицательные сторо-

ны. Следовательно, чтобы избежать неприятных ситуаций, нужно придерживаться бдительности и рациональности в использовании цифровых технологий, а также выявлять и устранять проблемные аспекты.

Любая технология — это и бремя, и благо. Поэтому рассмотрим и отрицательные стороны цифровизации:

1. Хотя и появляются новые профессии и вместе с ними рабочие места, однако в большинстве же происходит уменьшение рабочих мест в ранее известных профессиях, в которых человека способна заменить роботизированная технология.
2. Появление киберпреступности. Цифровизация предоставляет много возможностей, и, к сожалению, много новых возможностей находят лица для совершения противоправных и преступных деяний, что образует множество рисков и подрывает безопасность общества.
3. Необходимость существенного финансового вложения для внедрения новых технологий.
4. Технологический разрыв и цифровая поляризация. Существуют разные государства, у которых, соответственно, имеются разные ресурсы. Одни государства способны обеспечить своё население цифровыми новациями, а другие не способны на это, так как не имеют достаточных средств и возможностей. Поэтому цифровой разрыв между разными частями мира имеет тенденцию увеличиваться.

Так, мы выделили основные недостатки цифровизации, однако это не все существующие проблемы и их перечень может продолжаться.

В рамках понятия цифровизации можно выделить более узкую направленность, как ведомственная цифровизация.

В качестве примера, можно рассмотреть цифровизацию Федеральной службы исполнения наказаний Российской Федерации (далее ФСИН России). Основы цифровизации ФСИН России заложены Концепции развития уголовно-исполнительной системы Российской Федерации на период до 2030 года [7].

Для реализации Концепции развития ФСИН России до 2030 года активно используется Программный комплекс автоматизированной картотеки спецконтингента. Данный комплекс позволяет автоматически производить всевозможные выборки абонентов, по любым вновь созданным условиям. Формировать справки, извещения, быстрые отчеты за несколько секунд.

Также в рамках внедрения цифровизации и реализации Концепции ФСИН России применяются такие технологии как Система электронного мониторинга

подконтрольных лиц [11] и Система электронного документооборота [10]. Данные технологии позволяют переводить работу из бумажного формата в цифровой, что позитивно сказывается на функционировании всей Федеральной службы исполнения наказаний.

Одним из направлений деятельности ФСИН является ведомственное профессиональное образование, которого тоже коснулась цифровизация.

Это система, которая направлена на специализированную подготовку и воспитание квалифицированных профессиональных кадров для какого-либо определённого ведомства. Ведомственное образование придерживается в основном тех же целей и задач, что и в целом образование, однако у ведомственных образовательных организаций сложились свои особенности в некоторых аспектах осуществления деятельности, начиная с приёма абитуриентов и заканчивая выпуском обучающихся.

Большим толчком для развития цифровизации в образовательных организациях послужило появление новой вирусной инфекции COVID-19, которая побудила экстренно принимать изоляционные и организационные меры для предотвращения её распространения. И для того, чтобы не нарушать предписаний и соблюдать условия домашней изоляции, образовательные организации были вынуждены ускоренно создавать условия для осуществления дистанционно-электронного образования.

Учитывая, что одной из основных задач цифровизации является оцифровка, то есть перевод информации и документов из бумажного в цифровой формат, осуществляется постепенный перевод ведения учебно-методической и учётной документации в электронный вид. Уменьшение бумажного документооборота является позитивным явлением, в современных условиях подорожания бумажного ресурса.

Изучив Указы Президента «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» и «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» о цифровизации образования можно сказать следующее.

Для формирования информационного пространства знаний необходимо использование и развитие различных образовательных технологий, в том числе обеспечивающих электронное и дистанционное обучение. Создание современной и безопасной цифровой образовательной среды и различных технологических платформ для дистанционного обучения способствует увеличению доступа к качественным образовательным услугам. Также, модернизация профессионального об-

разования включает разработку и реализацию партнёрских программ образовательных организаций высшего образования и российских высокотехнологичных организаций, в том числе по вопросу внедрения и совершенствования адаптивных, практико-ориентированных и гибких образовательных программ.

Приказом ФСИН России № 984 утверждена ведомственная программа цифровой трансформации Федеральной службы исполнения наказаний на 2021 год и на плановый период 2022–2023 годов. Программа разработана на основе требований Постановления Правительства РФ «О мерах по обеспечению эффективности мероприятий по использованию информационно-коммуникационных технологий в деятельности федеральных органов исполнительной власти и органов управления государственными внебюджетными фондами», которое предполагает осуществление цифровой трансформации путём перевода и использования данных в электронном виде, внедрение информационных технологий в управление и деятельность государственного органа по предоставлению им государственных услуг и исполнению государственных функций.

В программе определено мероприятие, направленное на обеспечение функционирования информационных систем, обеспечивающих учебный процесс всех типов образовательных организаций, которые входят в структуру ФСИН России (ЭБС Znanium, ВКР ВУЗ, СДО «Moodle», «Анти-Плагиат» и другие).

Ведомственные вузы не могут в своих программах развития ставить себе такие масштабные цели, как цели и задачи, поставленные в стратегии перед министерством и подведомственным ему образовательным организациям, поэтому разрабатывая программу развития либо стратегические документы по цифровой трансформации необходимо объективно оценивать существующие условия и возможности.

Современное техническое оснащение и программное обеспечение являются фундаментом в процессе трансформации. Реализация данного направления напрямую зависит от финансирования, что ограничивает объём мероприятий в процессе планирования.

Большую и важную роль в достижении успешного процесса цифровизации играет уровень квалификации, заинтересованность и мотивационная составляющая кадрового состава образовательной организации. Цифровизация процессов первоочередно направлена на повышение эффективности работы сотрудников и повышение качества предоставления образовательных услуг. Зачастую встречается консервативное недовольство, потому что появляется дополнительная нагрузка в виде изучения и освоения чего-то нового. И для того, чтобы

достичь положительных результатов в поставленных целях и задачах, необходимо повышать качество человеческого ресурса, расширять цифровую компетенцию, развивать цифровую культуру в рядах рабочего состава.

Современное поколение достаточно тесно связано с цифровыми технологиями, так как уже с детства происходит постепенное знакомство с ними. Порой ребёнок намного лучше разбирается в технике нежели взрослый опытный человек, который рос без технологичных гаджетов. Обеспечивая цифровой контент в образовании, можно увеличить интерес к изучаемому материалу и облегчить его понимание и усвоение, а также повысить репутацию преподавательского состава

Мероприятия, направленные на повышение цифровой зрелости преподавательского состава, направляют сотрудников к саморазвитию, получению новых навыков и знаний, и в следствие возрастает качество предоставляемых образовательных услуг. Это достигается путём повышения квалификации в сфере цифровой грамотности, приоритетность создания цифрового контента, активного взаимодействия с технологическими новациями, проведения мастер-классов и многих других действий.

Цифровизация дала возможность:

- создать новый способ поступления в институт, в качестве которого выступает электронный приём документов. Появился сервис «Поступление в вуз онлайн».
- перехода на модель смешанного обучения при помощи использования системы дистанционного образования «Moodle», через которую обучающийся может получать нужную информацию и необходимые задания, отправлять выполненные работы на проверку, задавать вопросы. Указанная система так же позволяет перейти на реализацию образовательных программ в заочной форме.

Во время создания, а затем внедрения инновационного элемента в функционирующую, традиционную

систему проявляются проблемы, корнем этих проблем могут быть различные факты и явления.

Можно выделить следующий ряд основных проблем на пути цифровой трансформации ведомственных образовательных организаций:

- недостаточность уровня финансирования процессов цифровой трансформации;
- устаревание материально-технической базы и материально-бытового обеспечения;
- двойной (смешанный) формат ведения документации: бумажный и цифровой, не эффективное использование системы электронного документооборота;
- отсутствие структурных подразделений в образовательных организациях, занимающихся цифровой трансформацией;
- отсутствие специалистов по разработке и внедрению программных продуктов, информационных технологий, цифровых инструментов и сервисов;
- недостаточный уровень цифровой зрелости сотрудников (работников) образовательных организаций.

Цифровизация образовательной сфера имеет двойственный характер, т.е. имеет свои положительные и отрицательные стороны. Необходимость активного внедрения цифровизации позволяет оперативно исправлять ее отрицательные стороны и дорабатывать несовершенства.

Подводя итог, отметим, что необходимо обдуманно и рационально подходить к внедрению цифровизации в какую-либо сферу, в том числе сферу образования. Однако прогресс не стоит на месте и подобные явления неотвратимы.

Таким образом, мы рассмотрели основные особенности и возможности цифровизации в современном мире. Люди находятся в стремлении обеспечить комфортные условия жизни и для того, чтобы добиться желаемого, необходимо разумно использовать достигнутые результаты и выбирать рациональное направление дальнейшего развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. О мерах по обеспечению эффективности мероприятий по использованию информационно-коммуникационных технологий в деятельности федеральных органов исполнительной власти и органов управления государственными внебюджетными фондами (вместе с «Положением о ведомственных программах цифровой трансформации»): Постановление Правительства РФ от 10.10.2020 № 1646 (ред. от 17.02.2022) // Собрание законодательства РФ. 19.10.2020. № 42 (часть III). Ст. 6612.
2. О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 — 2030 годы: Указ Президента РФ от 09.05.2017 № 203 // Собрание законодательства РФ. 15.05.2017. № 20. Ст. 2901.
3. Об информации, информационных технологиях и о защите информации: Федеральный закон от 27.07.2006 № 149-ФЗ (ред. от 29.12.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 09.01.2023) // Российская газета. № 165. 29.07.2006.
4. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: Указ Президента РФ от 07.05.2018 № 204 (ред. от 21.07.2020) // Российская газета. № 97с. 09.05.2018.

5. Об утверждении ведомственной программы цифровой трансформации Федеральной службы исполнения наказаний на 2021 год и на плановый период 2022 и 2023 годов: Приказ ФСИН России от 30.12.2020 № 984 (ред. от 22.10.2021).
6. Об образовании в Российской Федерации: Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 29.12.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 11.01.2023) // Российская газета. № 303. 31.12.2012.
7. Распоряжение Правительства РФ от 29.04.2021 N 1138-р «О Концепции развития уголовно-исполнительной системы Российской Федерации на период до 2030 года»
8. Житников А.В. и Ярош А.С. О развитии цифровизации в современной России // Вестник: научно-технический журнал. 2021. № 3. С. 65–72.
9. Катрин, Е.В. «Цифровизация»: научные подходы к определению термина // Вестник Забайкальского государственного университета. 2022. Т. 28. № 5. С. 49–54.
10. Крюкова, Д.Ю. Информационное обеспечение деятельности уголовно-исполнительной системы: проблемы организации и совершенствования: монография / Д.Ю. Крюкова, А.А. Бабкин; Федер. служба исполн. наказаний, Вологод. ин-т права и экономики. — Вологда: ВИПЭ ФСИН России, 2018. — 106 с.
11. Озерский, С.В. Современные концептуальные и технические направления развития системы электронного мониторинга подконтрольных лиц в России: монография / С.В. Озерский, И.В. Попов, С.А. Шишаев. — Самара: Самарский юридический институт ФСИН России, 2020. — 116 с.

© Новоселова Дарья Викторовна (DmitDarya@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОБНАРУЖЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ПЕШЕХОДОВ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ MOBILEVIT

VEHICLE AND PEDESTRIAN DETECTION FOR AUTONOMOUS VEHICLES BASED ON MOBILEVIT

**K. Parfentyev
Zhang Bohan**

Summary. Since an autonomous driving information sensing and fusion system needs to identify traffic conditions and various obstacle attributes in a timely and accurate manner, it is especially important to develop an obstacle detection model that achieves both high detection speed and high accuracy. First, a target detection model combining convolutional neural network and Vision Transformer is designed to extract local and global information about vehicles in images. Secondly, an attention-grabbing mechanism module has been introduced to enhance the model's ability to focus on regions; To improve the effect of multi-scale object fusion, double triple interpolation is implemented in the upsampling module. Finally, to ensure real-time performance of the model, the lightweight MobileVit network is used as the model backbone. Experimental results show that AM-Swin Transformer, a MobileVit-based fast vehicle and pedestrian detection model in front of autonomous vehicles proposed in this paper, performs better than other models in terms of vehicle and pedestrian detection accuracy and speed.

Keywords: computer vision, artificial neural networks, object detection, self-driving cars.

Парфентьев Кирилл Викторович

Кандидат технических наук, старший преподаватель,
Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)
parfentiev@bmsu.ru

Чжан Бохань

Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)
bohan-zhang@qq.com

Аннотация. Поскольку автономная система восприятия и объединения информации о вождении должна своевременно и точно идентифицировать дорожную обстановку и различные атрибуты препятствий, особенно важно разработать модель обнаружения препятствий, обеспечивающую как высокую скорость обнаружения, так и высокую точность. Во-первых, модель обнаружения цели, объединяющая сверточную нейронную сеть и Vision Transformer, предназначена для извлечения локальной и глобальной информации о транспортных средствах на изображениях. Во-вторых, введен модуль механизма привлечения внимания, повышающий способность модели фокусироваться на регионах; чтобы улучшить эффект многомасштабного объединения объектов, в модуле повышающей дискретизации реализована двойная тройная интерполяция. Наконец, для обеспечения производительности модели в режиме реального времени в качестве магистральной сети модели используется облегченная сеть MobileVit. Результаты экспериментов показывают, что AM-Swin Transformer, модель быстрого обнаружения транспортных средств и пешеходов перед автономными транспортными средствами на основе MobileVit, предложенная в этой статье, работает лучше других моделей с точки зрения точности и скорости обнаружения транспортных средств и пешеходов.

Ключевые слова: компьютерное зрение, искусственные нейронные сети, обнаружение объектов, беспилотные автомобили.

Введение

Распознавание объектов интереса — это быстрая и точная идентификация таких параметров цели, как тип и местоположение на изображении или кадре видео. Извлечение признаков методами делится на две основные категории: традиционное извлечение признаков и извлечение признаков на основе сверточных нейронных сетей. Традиционные методы обладают следующими недостатками [1]:

1. Выбор региона на основе скользящего окна является исчерпывающей стратегией, и подход с использованием скользящего окна приводит к избыточности окон. Однако метод отнимает много времени и приводит к высокой временной сложности.

2. Традиционное выделение признаков, как правило, основано на априорном опыте и не является надежным, когда целевой объект имеет множество вариаций.

Эти недостатки в значительной степени ограничивают применение функций, извлекаемых вручную; поэтому разработка традиционных моделей обнаружения целей привела к застою.

В 2016 году была предложена одноступенчатая модель обнаружения цели под названием YOLOv1[2]. Хотя модель YOLOv1 обеспечивает быстрое обнаружение цели и не использует опорные рамки, точность ее обнаружения невысока. В 2016 году [3] была предложена одноступенчатая модель обнаружения цели под назва-

нием SSD (Single shot multibox detector), которая использует опорные кадры для локализации цели. Анкерные рамки (anchors) используются в моделях FasterR-CNN, YOLOv2, YOLOv2v3 и SSD, которые обеспечивают лучшее решение для целевой локализации. Однако опорные кадры также вводят больше гиперпараметров, тем самым увеличивая вычислительную мощность модели, а также проблему неравномерных положительных и отрицательных выборок.

В 2021 году был предложен swine transformer [4], который показал лучшую производительность в задачах классификации, обнаружения и сегментации, чем сверточная нейронная сеть. Хотя трансформер swine удовлетворяет требованиям к производительности в режиме реального времени, модель не может распознавать и обнаруживать небольшие цели на отдалении. Описанные выше методы с трудом обеспечивают хороший баланс между точностью обнаружения и производительностью в режиме реального времени. Поэтому в этом исследовании предлагается облегченная модель, основанная на MobileVit [5], которая обеспечивает точность обнаружения и хорошую производительность в режиме реального времени.

Механизм внимания

Обычно целью механизма внимания является эффективное изучение распределения веса различных частей карты объектов при одновременном снижении влияния фоновой информации для повышения точности распознавания и надежности модели. Например, сеть остаточного внимания [6] использует остаточный механизм для построения сети, которая вводит структуру внимания, обеспечивая при этом глубину сети. Модуль внимания сверточного блока [7] использует как каналную, так и пространственную информацию карты объектов для

проектирования модуля внимания, который может фокусироваться на большем количестве полезной информации и еще больше расширять свои возможности по извлечению объектов. В работе предлагается добавить модуль внимания блока свертки в магистральную сеть, чтобы сфокусировать модель обнаружения на областях, подверженных воздействию транспортных средств или пешеходов в процессе вождения автономного транспортного средства. Канальное и пространственное внимание можно выразить в виде следующих уравнений:

$$F' = M_c(F) \otimes F, \tag{1}$$

$$F'' = M_s(F) \otimes F, \tag{2}$$

где \otimes обозначает поэлементное умножение, F обозначает входную карту объектов, F' обозначает уточненную карту объектов, F'' и обозначает конечный уточненный результат.

Канальное внимание: каждое сверточное ядро можно рассматривать как детектор признаков, следовательно, каждый канал создает карту признаков, которая может представлять один объектный признак, и цель внимания канала состоит в том, чтобы сосредоточиться на наиболее значимой части всех каналов. Сначала сжимается размерность карты объектов, которая проходит через слой максимального объединения и слой среднего объединения, а затем выводятся два дескриптора объектов: слой максимального объединения, чтобы подчеркнуть важные особенности объекта, и слой среднего объединения, чтобы эффективно вычислить диапазон объекта. Затем оба дескриптора объектов перенаправлены в общую сеть, состоящую из каскадных уровней: входного уровня, выходного уровня и трех скрытых слоев. Когда два дескриптора проходят через общую сеть, используется поэлементное суммирование для объеди-

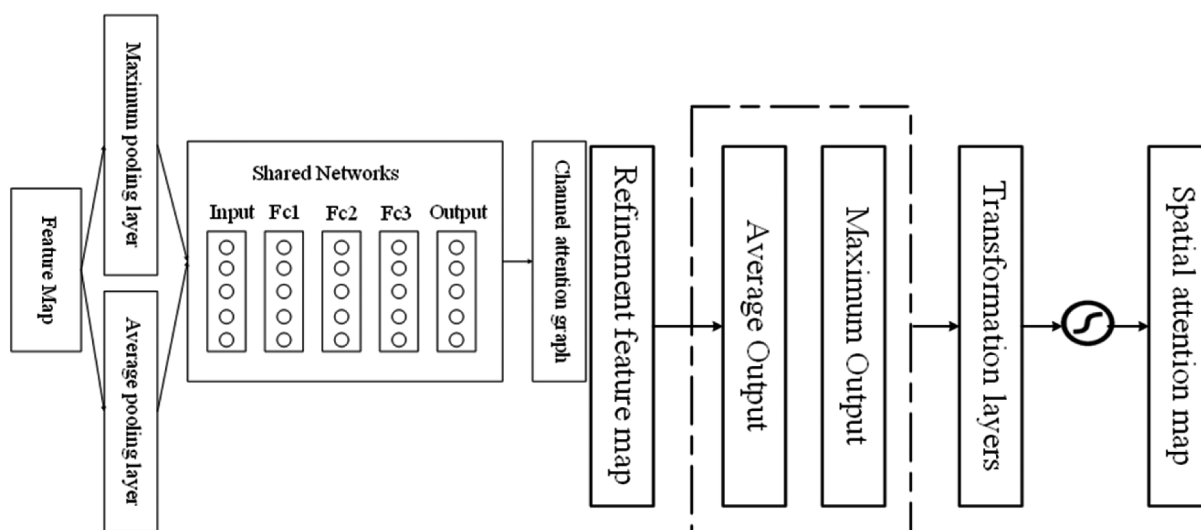


Рис. 1. Модуль внимания

нения выходных векторов признаков. Наконец, векторы признаков активируются с помощью сигмовидной функции для получения карты внимания канала.

Пространственное внимание: отношения пространственных объектов используются для создания карты пространственного внимания. Когда изображение поступает в сверточную нейронную сеть, каждый пиксель изображения участвует в вычислении. Подобно каналному вниманию, пространственное внимание фокусируется на областях изображения, которые вносят наибольший вклад в объект. Сначала карта внимания канала и уточненная карта объектов, вычисленная на основе карты объектов, пропускаются через слой максимального объединения и слой среднего объединения, соответственно, для получения двух описаний объектов. Затем оба дескриптора объектов соединяются и применяются два слоя свертки, чтобы подчеркнуть области дескрипторов. Наконец, карта внимания канала получается путем активации вектора с использованием сигмоидной функции. После использования модулей канального и пространственного внимания веса карт объектов оптимизируются, и окончательные карты объектов содержат более подробную информацию о транспортном средстве или пешеходе. Предполагается, что средним и максимальным процессами объединения являются F_{avg} и F_{max} соответственно. Att_{avg} может хорошо отфильтровывать глобальную фоновую информацию об объекте, а Att_{max} может выделять важные особенности транспортного средства или пешеходных зон. Пусть $X = [x_1, x_2, \dots, x_n]$,

где x_n обозначает вес n -го ядра свертки: уравнения для Att_{avg} и Att_{max} следующие:

$$Att_{avg} = \frac{1}{H \times W} \sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^W x_n(i, j) = F_{avg}(x_n) \quad (3)$$

$$Att_{max} = \text{agr max} \left(\sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^W x_n(i, j) \right) = F_{max}(x_n) \quad (4)$$

После совместного использования сети выходные данные канала внимание могут быть выражены следующими уравнениями:

$$output_{avg} = \text{relu}(FC \times Att_{avg}) \quad (5)$$

$$output_{max} = \text{relu}(FC \times Att) \quad (6)$$

$$output_{channel} = \sigma(output_{avg} \times output_{max}) \quad (7)$$

Веса, полученные путем умножения матрицы, и отфильтрованные характеристики канала равны $W = [\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n]$, что может быть выражено в виде уравнения, показанного ниже.

$$W = (x_n, output_{channel}) = x_n \times output_{channel} \quad (8)$$

После фильтрации по каналам данные вводятся в модуль пространственного внимания. Сначала векторы объектов передаются через слой среднего объединения и слой максимального объединения. Впоследствии,

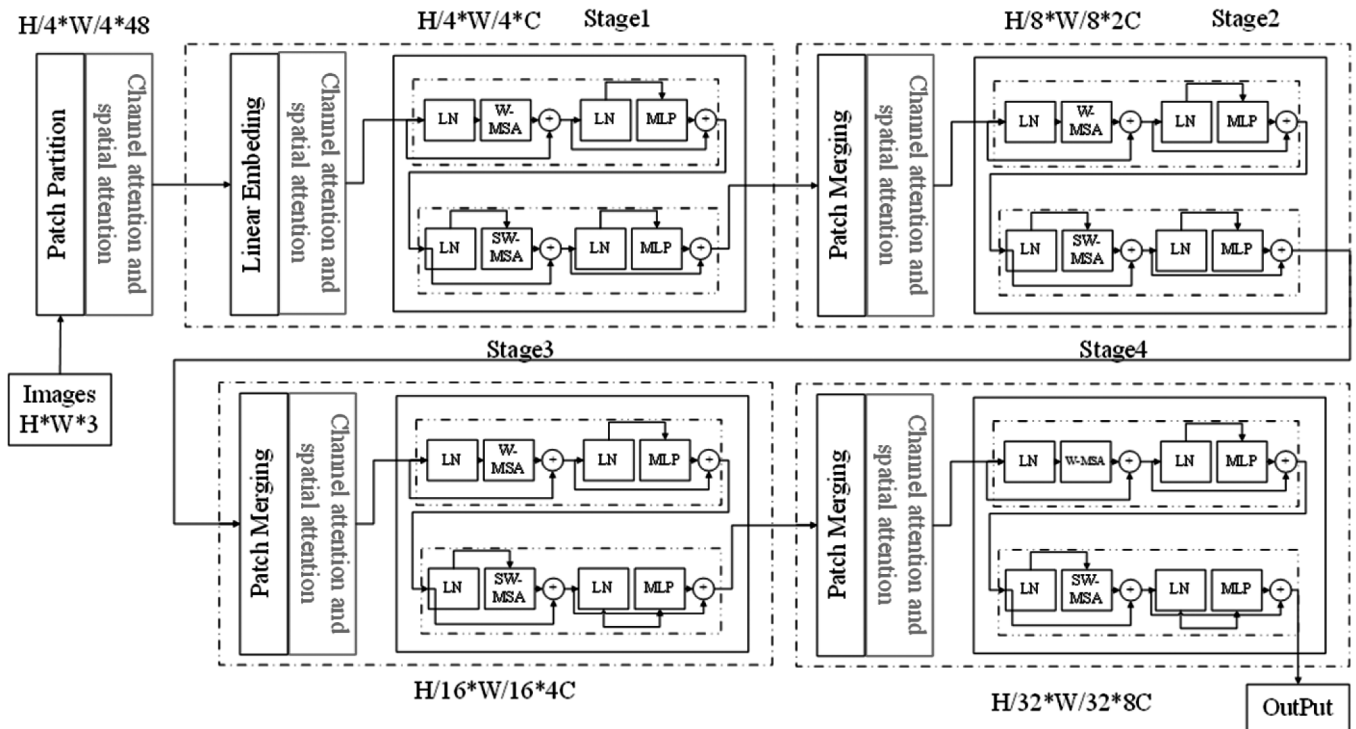


Рис. 2. Swin Transformer основанный на адаптивном механизме определения порога и внимания (A-Swing Transformer)

по размерам канала, элементы соединяются для получения $C_{conv} \in R^{1 \times 1 \times 2^C}$. Чтобы получить информацию о весе объекта, требуется операция свертки, позволяющая $F_{5 \times 5}$ обозначать операцию свертки с входным каналом, равным 2, выходным каналом, равным 1, и размером ядра 5×5. Окончательные отфильтрованные веса могут быть выражены следующим образом

$$output_{cb\&sp} = F_{5 \times 5}(C_{conv}) \times W \quad (9)$$

Результатом работы всего модуля внимания является $output_{cb\&sp} + X$, который пересчитывает пропорции различных частей исходного входного вектора. Благодаря такой структуре модель может выборочно улучшать объекты, содержащие транспортные средства или пешеходные зоны, и подавлять несущественные или слабые объекты. Модель алгоритма показана на следующем рисунке.

Улучшения модели на основе MobileViT

Чтобы обеспечить точность при одновременном повышении производительности в режиме реального времени, предлагается модель облегченной сети MobileViT. Сверточная нейронная сеть эффективна для извлечения информации о локальных объектах, а преобразователь зрения, основанный на механизме самообучения, эффективен для извлечения информации о глобальных

объектах. Выборка объектов на десятом уровне сети MobileViT была уменьшена в 32 раза. Полученная структура приведена в таблице 1.

Таблица 1.

Оптимизированная структура MobileViT

Размерность входа	Слой	Количество выходов
256x3	conv2d	16
128x16	MV2	32
128x32	MV2	64
642x64	MV2	64
642x64	MV2	64
642x64	MV2	96
322x96	MVIT	96
322x96	MV2	128
162x128	MVIT	128
162x128	MV2	160

Следовательно, сеть MobileViT отбрасывается после десятого уровня, а оставшаяся сеть используется в качестве магистральной сети извлечения признаков MobileViT-10 модели. Предложенная структура модели Attention-Mobilevit-Swin Transformer (AM— Swin Transformer) представлена на рис. 3.

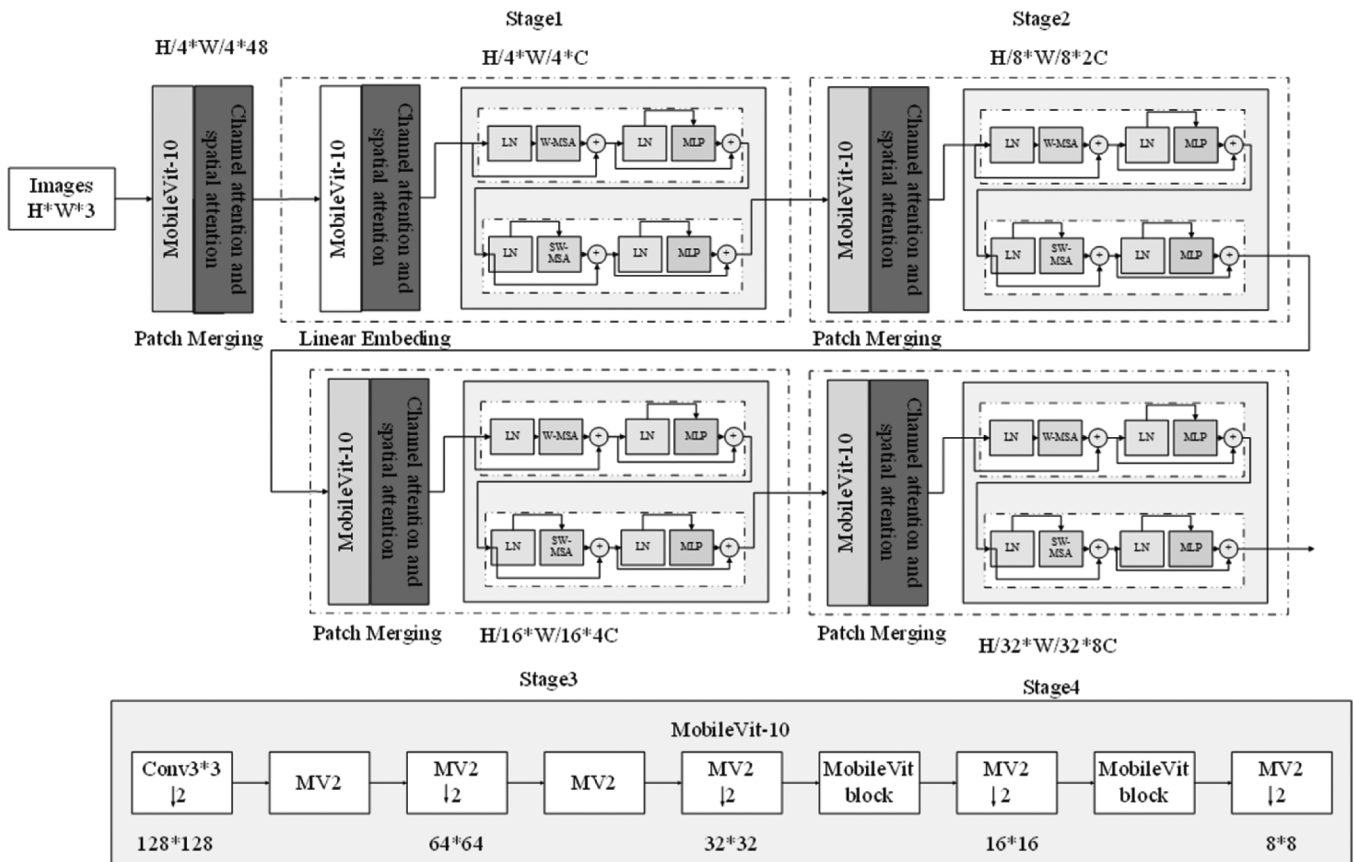


Рис. 3. Структура AM-Swin Transformer

Постановка эксперимента

Набор данных для обучения и тестирования получен с автомобиля Ola Black Cat с различными автомобильными датчиками и бортовыми вычислительными устройствами в качестве экспериментальной платформы для автономного вождения. Автомобиль оснащен 16-линейным лидаром, радаром миллиметрового диапазона, высокоточной автомобильной комбинированной навигационной системой, системой автомобильного зрения CalmCar и платой разработки Nvidia JetsonTX2. Шина CAN используется для связи между датчиками, двигателями и устройствами управления. На рис.4 приведены примеры набора данных:

В эксперименте используется 7481 изображений обучающей выборки из набора данных KITTI. После того, как процесс обучения завершился, модель была оцене-

на с использованием 7518 изображений тестовой выборки. Согласно результатам тестирования на наборе данных KITTI, модель, разработанная в этом исследовании, и другие модели были получены для сравнения. В качестве оценки использовались следующие метрики: precision, recall, mAP и f1 score. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Результаты тестирования набора данных

Методы	mAP	f1 score	recall	precision
Unet	0.83	0.37	0.68	0.82
YOLOv5	0.91	0.40	0.74	0.89
Faster R-CNN	0.78	0.33	0.61	0.73
AM-Swin Transformer	0.96	0.42	0.78	0.93



Рис. 4. Набор данных для обучения и тестирования

Тестирование демонстрирует, что алгоритм AM-Swin Transformer улучшает вероятность обнаружения препятствий в автономных транспортных средствах на 0,13, 0,05 и 0,18 по сравнению с U-net, YOLOv5 и более быстрым R-CNN соответственно. Алгоритм AM-Skin Transformer улучшает F1 обнаружения препятствий в автономном транспортном средстве на 0,05, 0,02 и 0,09 по сравнению с U-net, YOLOv5 и более быстрым R-CNN соответственно. Алгоритм преобразования AM-Skin повышает точность обнаружения препятствий на 0,11, 0,04 и 0,2 по сравнению с U-net, YOLOv5 и более быстрым R-CNN соответственно. Улучшена общая производительность обнаружения дорожных препятствий, а увеличение частоты отклика указывает на то, что алгоритм преобразования AM-Swin имеет больше преимуществ для обнаружения небольших целей.

Кривые изменения функции потерь во время обучения и валидации модели AM-Swin представлены на рис. 5.

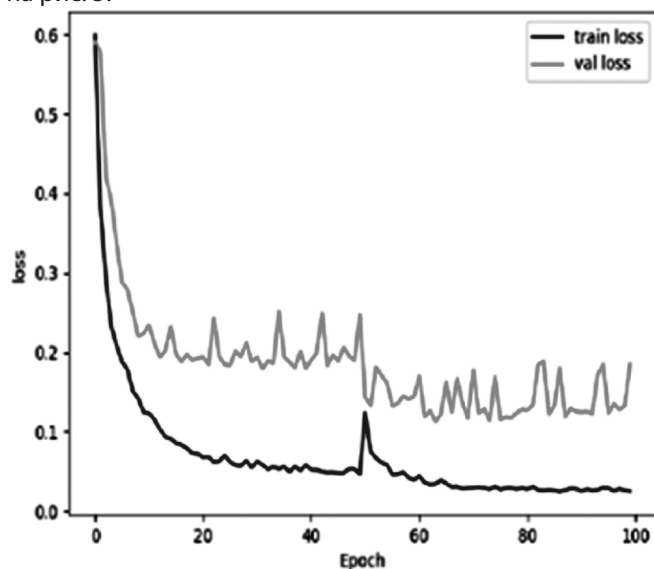


Рис. 5. Обучение нейросетевой модели

Некоторые примеры результатов алгоритма AM-Swin Transformer для обнаружения препятствий показаны на рисунке 6.

Для дальнейшего анализа производительности модели обнаружения препятствий самоуправляемым транспортным средством, построенной с использова-

нием преобразователя AM-Swin, скорость вывода модели была сравнена со скоростью основных алгоритмов, и результаты приведены в таблице 3.

Согласно сравнению, ясно, что модель алгоритма преобразования AM-Swin намного быстрее других моделей с точки зрения скорости вывода. Поскольку модель U-Net проще, скорость ее вывода выше. Однако модель трансформера AM-Swin достигла аналогичной скорости вывода при гораздо более высокой точности.

Таблица 3.

Сравнение скорости работы нейросетевых моделей

Метод	Скорость обнаружения (fps)
Unet	23.2
YOLOv5	20.5
Faster R-CNN	22.6
AM-Swin Transformer	24.1

Заключение

В работе предложена нейросетевая модель на основе swin-transformer для обнаружения дорожных транспортных средств и пешеходов во время вождения автономных транспортных средств. Объясняется принцип работы механизма внимания и метод его моделирования, и предлагается модуль внимания, который может внедрять механизм внимания в канальную и пространственную области сверточной нейронной сети. Вместо традиционного сверточного модуля был внедрен MobileViT, чтобы повысить эффективность работы модели и удовлетворить требования к обнаружению целей в режиме реального времени.

Производительность и точность алгоритма быстрого обнаружения транспортных средств в режиме реального времени были доказаны экспериментально на данных, полученных с реального автономного транспортного средства.

Направление дальнейших исследований связано с улучшением структуры сети, дальнейшем повышении точности обнаружения за счет обеспечения производительности в режиме реального времени, снижении частоты ошибок обнаружения и повышении безопасности самоуправляемых транспортных средств.



Рис. 6. Результат работы AM-Swin

ЛИТЕРАТУРА

1. Rosenberg C., Hebert M., Schneiderman H. Semi-Supervised Self-Training of Object Detection Models //Applications of Computer Vision and the IEEE Workshop on Motion and Video Computing, IEEE Workshop on. — IEEE Computer Society, 2005. — Т. 1. — С. 29–36.
2. Redmon J. et al. You only look once: Unified, real-time object detection //Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. — 2016. — С. 779–788.
3. Liu W. et al. Ssd: Single shot multibox detector //Computer Vision—ECCV 2016: 14th European Conference, Amsterdam, The Netherlands, October 11–14, 2016, Proceedings, Part I 14. — Springer International Publishing, 2016. — С. 21–37.
4. Liu Z. et al. Swin transformer: Hierarchical vision transformer using shifted windows //Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision. — 2021. — С. 10012–10022.
5. Mehta S., Rastegari M. Mobilevit: Light-weight, general-purpose, and mobile-friendly vision transformer. arXiv 2021 //arXiv preprint arXiv:2110.02178.
6. Woo S. et al. Cbam: Convolutional block attention module //Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV). — 2018. — С. 3–19.
7. Deng J. et al. Imagenet: A large-scale hierarchical image database //2009 IEEE conference on computer vision and pattern recognition. — Ieee, 2009. — С. 248–255.

© Парфентьев Кирилл Викторович (parfentiev@bmsu.ru); Чжан Бохань (bohan-zhang@qq.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВИРУСОВ И АКТИВНЫХ ЭКСПЛОИТОВ В КОРПОРАТИВНЫХ МЕССЕНДЖЕРАХ

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR DETECTING POTENTIAL VIRUSES AND ACTIVE EXPLOITS IN CORPORATE MESSENGERS

**A. Rusakov
E. Amelyutin
S. Rozin
A. Samogin**

Summary. The paper describes one of the possible approaches to identifying potential viruses and active exploits in corporate messengers. Timely detection of traces and descriptions of viruses and active exploits in corporate messengers helps to increase the overall level of security. The paper provides a structure and description of the development of a software package to identify potential viruses and exploits in corporate messengers. The software package is capable of working on big data in order to identify attacks that can be implemented in the form of Internet links, polymorphic malware and Trojan ransomware. in the form of Internet links, polymorphic malware and Trojan ransomware.

Keywords: text mining, information security, detection of active exploits, detection of traces and descriptions of viruses.

Русаков Алексей Михайлович

Старший преподаватель, МИРЭА — Российский
технологический университет
rusal@bk.ru

Амелютин Евгений Вячеславович

Доцент, МИРЭА — Российский
технологический университет
amelyutin9@yandex.ru

Розин Станислав Вадимович

МИРЭА — Российский технологический университет
stasrozin@gmail.com

Самогин Артем Сергеевич

Ассистент, МИРЭА — Российский
технологический университет
samogin@mirea.ru

Аннотация. В работе приводится описание одного из возможных подходов к выявлению потенциальных вирусов и активных эксплоитов в корпоративных мессенджерах. Своевременное обнаружение следов и описаний вирусов и активных эксплоитов в корпоративных мессенджерах способствует повышению общего уровня безопасности. В работе приводится структура и описание разработки программного комплекса для выявления потенциальных вирусов и эксплоитов в корпоративных мессенджерах. Программный комплекс способен работать на больших данных с целью выявления атак, которые могут быть реализованы в виде Интернет-ссылок, полиморфных вредоносных программ (polymorphic malware) и троянских программ-шифровальщиков, занимающихся вымогательством.

Ключевые слова: интеллектуальный анализ текстов, информационная безопасность, обнаружение активных эксплоитов, обнаружение следов и описаний вирусов.

Введение

Современные организации и компании все более активно взаимодействуют с клиентами и пользователями через различные средства корпоративной коммуникации, включая электронную почту, чаты, социальные сети и другие платформы. Обеспечение безопасности и защита информации, поступающей через эти каналы, становятся важнейшими задачами [1, 2].

Объем данных, генерируемых пользователями, постоянно растет. Автоматизированный анализ и обнаружение активных угроз, эксплоитов и потенциальных вирусов в таких данных становятся неотъемлемой частью стратегий информационной безопасности.

Злоумышленники постоянно совершенствуют методы атак и маскировки. Анализ текстовых данных на пред-

мет вирусов и активных эксплоитов требует постоянного обновления и разработки новых методов для действенной защиты.

Методы обработки естественного языка (NLP—Natural Language Processing) становятся все более мощными и доступными. Их применение для анализа текстовых данных с целью обеспечения информационной безопасности предоставляет новые возможности и перспективы [3].

Во многих странах ужесточаются законодательные требования, касающиеся обеспечения конфиденциальности и защиты данных. Работа в области обеспечения информационной безопасности и анализа текстовых данных может помочь организациям соблюдать эти нормы и требования.

Таким образом, разработка программного средства интеллектуального анализа корпоративных мессенджерах является не только актуальной, но и имеет широкий практический и теоретический интерес в контексте современных вызовов в области информационной безопасности и обработки текстовых данных.

Структура программного комплекса для выявления потенциальных вирусов и эксплойтов в корпоративных мессенджерах

Предлагается разработать облачный сервис для выявления атак на основе анализа больших данных, который включает три основных компонента: 1) Сервер, управляющий потоком входящих и исходящих данных об атаке. 2) Мультисканер с препроцессором для статического анализа. 3) Песочница (Sandbox), которая предназначена для автоматизированного запуска вредоносного кода с целью проведения динамического анализа.

Песочница — ядро системы анализа, предназначенное для динамического анализа образцов в изолированной среде.

Цель — запуск выявленных Multiscanner образцов и сбор информации об их активности.

Песочница построена на технологии VMWare для запуска нескольких экземпляров Windows 10. Каждый экземпляр включает в себя следующие модули анализа: Dumper — сохраняет дампы новых процессов в системе и дампы процессов в процессах. Для реализации сервиса была создана инфраструктура на основе гипервизора VMWare ESXi.

Сервер решает следующие задачи: загрузка входного потока в общую папку GlobalInput; поддержка базы данных образцов, загруженных в GlobalInput, и отфильтровка дубликатов; хранение образцов в GlobalOutput, загруженных после предварительной обработки; загрузка образцов из папок: GlobalOutput\win32\{dll, exe, drv, pe32}\{Suspicious, Unknown} into Input of Sandbox.

Разобрать Output Sandbox и обновить базу данных по обработанным образцам: сбор информации с Links.txt; сбор информации с File.txt; сбор MD5 отклонённых / загруженных образцов; сбор информации с wincheck.txt; запуск StringExtractor.exe и сохранение строки, извлеченной из дампа в хранилище; сохранение выражений, полученных после сканирования на VirusTotal в БД; сохранение сработанных правил Yara в БД; сохранение скриншотов, если они доступны для хранения.

Рассматриваемые образцы хранятся при необходимости.

Мультисканер решает следующие задачи:

1. Препроцессинг. Получение из папки GlobalInput на файловом сервере образцов, обработка их и размещение результата в локальном каталоге «Output».
2. Проверка локального «Output» KAV, создание папки «Detected» в одной папке и перемещение туда всех обнаруженных файлов, например: «Output\win32\exe\detected» или «Output\win32\dll\detected».
3. Перемещение в локальную папку OUTPUT в каталог файлового сервера GlobalOutput.
4. Сбор информации о сэмплах, обработка и запись в базу данных на Fileserver.

Разработка механизмов защиты

Определимся с понятиями, которые будем использовать при описании формальной модели: элемент e — значение атрибута; набор элементов q — кортеж длины q или q -кортеж; q -кортеж является распространенным или q -ассоциацией, если его появление превышает или равно предельному значению поддержки; q -ассоциация — частотный шаблон, который может иметь и другие формы; все атрибуты должны быть отличными друг от друга (неизоморфными)

Ассоциации (часто встречающиеся наборы) и обобщенные ассоциации (ассоциации в таблице с обобщениями на основе атрибутов (Attribute Oriented Generalization — AOG)) считаются часто используемыми понятиями для определения частотных шаблонов. Другими словами, ассоциация является конъюнкцией значений атрибутов, которые имеют высокую поддержку. Отметим, что некоторые дизъюнкции значений атрибутов дают новые атрибуты. Поэтому обобщенные ассоциации являются сочетанием этих новых атрибутов, которые имеют высокую поддержку [4, 5, 6, 7].

Метод основан на следующих алгоритмах анализа частотных шаблонов (Frequent Patterns — FP): FP-growth [8] и FP-trees [9]. FP-growth алгоритм используется для рекурсивного анализа и выявления условных зависимостей по частотным деревьям (FP-trees).

Частотное дерево является древовидной структурой данных, представляющей информацию о связи элементов в базе данных. FP-trees — специальный алгоритм построения таких деревьев. Оба алгоритма реализовывают идею ассоциативного анализа данных.

Сначала имеется база данных Интернет-ссылок и их атрибутов, полученная с помощью WhoIs и GeolIP онлайн-сервисов.

FP-growth алгоритм [8] является одним из самых быстрых и наиболее популярных алгоритмов для опреде-

ления часто встречающихся наборов элементов. Данный алгоритм работает с древовидным представлением базы данных транзакций (FP-tree). Данный формат представления данных позволяет сократить необходимый объем памяти для хранения транзакционных данных и подчеркнуть важность иерархических отношений между элементами наборов (атрибутами).

Основной идеей метода FP-growth считается рекурсивный поиск часто встречающихся шаблонов и разделение базы данных. Алгоритм состоит из следующих шагов: 1. Для каждого часто встречающегося элемента строится база имплицативных шаблонов, а затем его частотное дерево; 2. Данный процесс повторяется для всех вновь создаваемых частотных деревьев.

До тех пор, пока конечное FP-дерево не будет пустым, либо содержать только один путь — по заданному пути генерируются все возможные комбинации входящих в него путей, каждый из которых является частотным паттерном.

Целью метода считается выявление частотных шаблонов для вредных, фишинг и чистых наборов Интернет-ссылок, которые в дальнейшем будут использованы для эвристического детектирования неизвестных Интернет-ссылок. FP-growth алгоритм, который используется в данном методе для генерации частотных шаблонов, обеспечивает отличную производительность, по сравнению с существующими аналогами, такими как: Apriori и TreeProjection [10], что сказывается на общей производительности метода, учитывая большой размер наборов вредных, фишинговых и вредоносных Интернет-ссылок. Для поиска всех частотных шаблонов необходимо всего два сканирования таблицы: первое сканирование необходимо для определения частоты каждого элемента множества, второе — для построения частотного дерева (FP-tree). Далее с помощью алгоритма FP-Growth рекурсивно сканируем дерево и получаем искомые частотные паттерны. Интернет-ссылка считается вредной тогда и только тогда, когда по ней загружаются данные, которые фиксируются сканерами как вредные.

Интернет-ссылка считается фишинг-ссылкой тогда и только тогда, когда по ней загружаются страницы, имитирующие популярные интернет-сервисы. Такие ссылки публикуются и детектируются репутационной системой PhishTank. Интернет-ссылка считается чистой тогда и только тогда, когда по ней загружаются страницы и данные, которые не детектируются как вредоносные или фишинг. Чистые Интернет-ссылки были получены с репутационного Интернет-сервиса Alexa.com [11], где предоставляется статистика посещений веб-страниц, на основании которой веб-сайт получает рейтинговую оценку. В выборке чистых ссылок использовались только веб-сайты, которые имеют высокие рейтинговые оценки, то есть с высоким количеством посещений.

Для выявления false negatives, пропущенных вредных и фишинговых ссылок использовались IDS Suricata [12], Google Safe Browsing [13], и Virustotal [14] сервисы.

Наборы Интернет-ссылок для выявления частотных шаблонов и построения частотных деревьев представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Наборы Интернет-ссылок, которые используются для тестирования

Набор	Количество ссылок в наборе	Источник, откуда был загружен набор
Доброкачественные	9991	Alexa.com
Фишинг	98054	PhishTank.com
Вредоносные	16294	Lavasoft MAS

Для каждой Интернет-ссылки был получен такой набор атрибутов: страна, где находится сервер со страницей или прокси-сервер (по данным GeolIP); тип содержимого страницы (content-type); название регистратора домена, если используется доменное имя сервера, а не IP адрес; время жизни домена, если используется доменное имя сервера (Lifetime — LT).

Уровень поддержки был установлен 0.005, что означает отсеивание атрибутов, если их частота зарождения в наборе меньше 0.5 % от общего количества элементов в наборе.

Полиморфные шпионские программы становятся все более распространенными в данное время как метод, применяемый чтобы победить антивирусные сканеры. В этой главе будет рассматриваться, как полиморфная мутация помогает предотвратить выявление вредоносного программного обеспечения путем изучения недавно обнаруженного полиморфного червя NgrBot / DorkBot. Затем будет рассматриваться, как найти созданный полиморфный шпион.

Создатели вредоносных программ постоянно ищут новые технологии, чтобы оставаться на шаг впереди исследователей антивирусных программ, чтобы избежать обнаружения антивирусными программами. Метод, который будет рассматриваться здесь, является часто используемым трюком, который широко используется веб-эксплуатантами и известными ботнетами — полиморфизмом на стороне сервера. Примеры данного метода: Shiz, Carperb и Ngrbot / Dorkbot. Основной целью этих бэкдоров является кража учетных данных для интернет-банкинга, торговых платформ и RBS (удаленных банковских услуг). После выпуска, очень часто оказывается, что новая копия полиморфного шпионского программного обеспечения не обнаруживается большинством сканеров AV-файлов (рис. 1).



SHA256:	138cec24cc1a5ce7466e86f8a9aad555317b1b2281c531a0bcab8d84eb149b8
File name:	1c353e8ff7713d5da684fb2c491c6e76
Detection ratio:	<u>3 / 44</u>
Analysis date:	2021-02-06 12:13:32 UTC (0 минут ago)

Рис. 1. Результат сканирования VirusTotal нового образца Ngrbot почти пустого (DrWeb: BackDoor.IRC.NgrBot.146, Fortinet: W32/EncPk.CWP!tr, TrendMicro-HouseCall: TROJ_GEN.RC9H1K6)

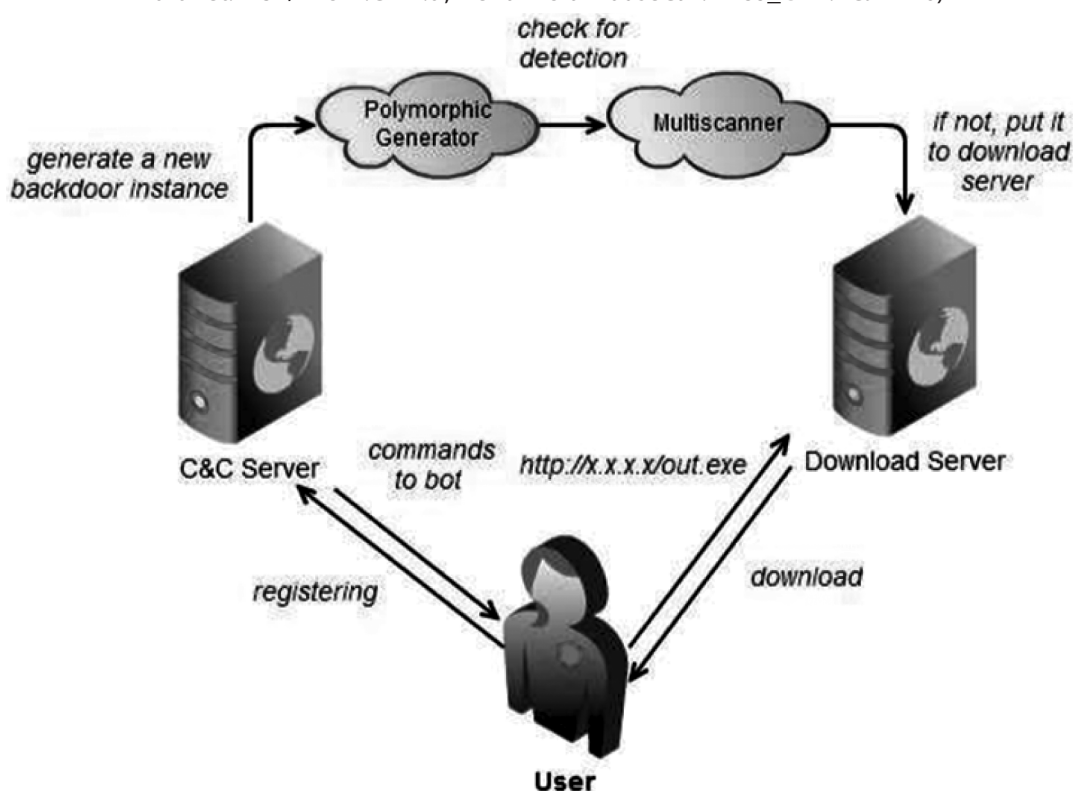


Рис. 2. Модель полиморфизма на стороне сервера

Таким образом, он делает обнаружение вредоносных программ, созданных с использованием полиморфизма на стороне сервера, более сложным для традиционного подхода на основе подписи.

Идея полиморфного шифрования не считается новой и заключается в повторном шифровании вредоносного файла на серверах злоумышленников каждый раз, когда его запрашивает инфицированная машина бота. Рассмотрим схему полиморфизма (рис. 2) [15].

После заражения компьютер пользователя отправляет регистрационную информацию на сервер С & С. Затем сервер С & С отвечает набором команд для выполнения на компьютере жертвы.

Новая часть вредоносного программного обеспечения генерируется «полиморфным генератором», кото-

рый повторно пакет или повторно шифрует его с помощью случайно сгенерированного ключа. Этот метод гарантирует, что злоумышленное программное обеспечение является уникальным, придавая ему значительное преимущество — он никогда не будет обнаружен и проанализирован исследователями вредоносных программ. Это значительно увеличивает вероятность того, что она не будет обнаружена. Злоумышленник может воспользоваться популярным антивирусным программным обеспечением для сканирования вновь созданной копии, чтобы проверить, не происходит ли обнаружение. Несмотря на то, что файл может быть отсканированным с помощью онлайн-услуг, таких как VirusTotal, авторы вредоносных программ, как правило, не используют этот маршрут, поскольку образец будет распределен среди AV сообщества, что приводит к анализу файла и добавлению в базы данных обнаружения. После того,

```

PASS smart
KCIK N|UA|XPa|liwoiaq
SSRR liwoiaq 0 0 :liwoiaq

001| N|UA|XPa|liwoiaq :us, N|UA|XPa|liwoiaq!liwoiaq@██████████59.131
005 N|UA|XPa|liwoiaq

332 N|UA|XPa|liwoiaq #dpi :!up http://146.185.246.27/out.exe
B379EB791038E522EFDA14A29C7D2BCD -r
332 N|UA|XPa|liwoiaq #dpi :!j #}
353 N|UA|XPa|liwoiaq @ #dpi :N|UA|XPa|liwoiaq

.....
SEND #mod smart
SEND #}

353 N|UA|XPa|liwoiaq @ #mod :N|UA|XPa|liwoiaq
.....

353 N|UA|XPa|liwoiaq @ #} :N|UA|XPa|liwoiaq
.....
QUIT :rebooting

```

Рис. 3. Связь Ngrbot с ботом-сервером

как копия генерируется и проверяется как не обнаруженная, она хранится на сервере «Загрузки», а ссылка передается потерпевшему.

Тестирование системы защиты

Рассмотрим реальный пример. После установления Ngrbot [14] получает от C & C URL, чтобы обновить себя. После этого бот загружает новый экземпляр бэкдора. После «обновления» бэкдор становится невидимым для сканеров, созданных на основе подписей AV. Более того, такие бэкдоры часто блокируют доступ к веб-сайтам AV, останавливая приложение безопасности пользователя от загрузки новых обновлений базы данных обнаружения (рисунки 3 и 4).

```

GET /out.exe HTTP/1.1
User-Agent: Mozilla/4.0
Host: 146.185.246.27

HTTP/1.1 200 OK
Server: nginx/1.1.13
Date: Tue, 17 Oct 2021 12:15:48 GMT
Content-Type: application/octet-stream
Content-Length: 126976
Last-Modified: Mon, 16 Oct 2021 15:45:50 GMT
Connection: keep-alive
Accept-Ranges: bytes

MZP.....@.....
program must be run under win32
$
7.....
PE..L.....P.....P.....
@.....@.....
L.....
UPX0.....UPX1.....

```

Рис. 4. Обновление Ngrbot

Если провести сравнение двух полиморфных экземпляров одного и того же бэкдора, то можно увидеть следующее изображение — рисунок 5.

Видно, что код и размер файла совершенно разные. Эта разница может быть достигнута с помощью полиморфного мутатора. На рисунке показано, что структуру

и размер кода можно изменять, добавляя нули и повторно шифрующие данные. Как следствие, заметны существенные различия в файловой структуре (рис. 6).

Однако, если запустить оба образца в песочнице и посмотреть на код, введенный в системные процессы, можно увидеть почти идентичные данные (рис. 7).

Несмотря на значительные различия в содержании файлов, оба образца имеют одинаковую функциональность и полезную нагрузку, что отражается во вредных инъекциях (рисунок 8). Если антивирусные сканеры были способны запускать образец в песочнице или эмуляторе во время сканирования, они не будут обмануты полиморфным шифрованием и немедленно поймут вновь созданные копии с точным семейным вердиктом.

Опишем правила Yara, какие помогут исследователям вредного программного обеспечения идентифицировать образцы вредоносного программного обеспечения Ngrbot / Dorkbot на инфицированной машине.

Чтобы найти уникальные строки, которые используются для идентификации инфекции, нужно сделать дамп кода Ngrbot. Дамп вводится в адресное пространство всех запущенных процессов, за исключением системы, smss.exe и lsass.exe.

Ниже приведен пример поиска инъекции, анализируя дескрипторы виртуальных адресов (VAD) Explorer.exe [16].

Кроме того, сброс злонамеренного кода, вложенного в процесс Explorer.exe, может быть осуществлен с помощью PETools.

Пример дампа вредоносного кода показан на рис. 10.

Дамп сканируется бесплатным онлайн-сканером VirusTotal.

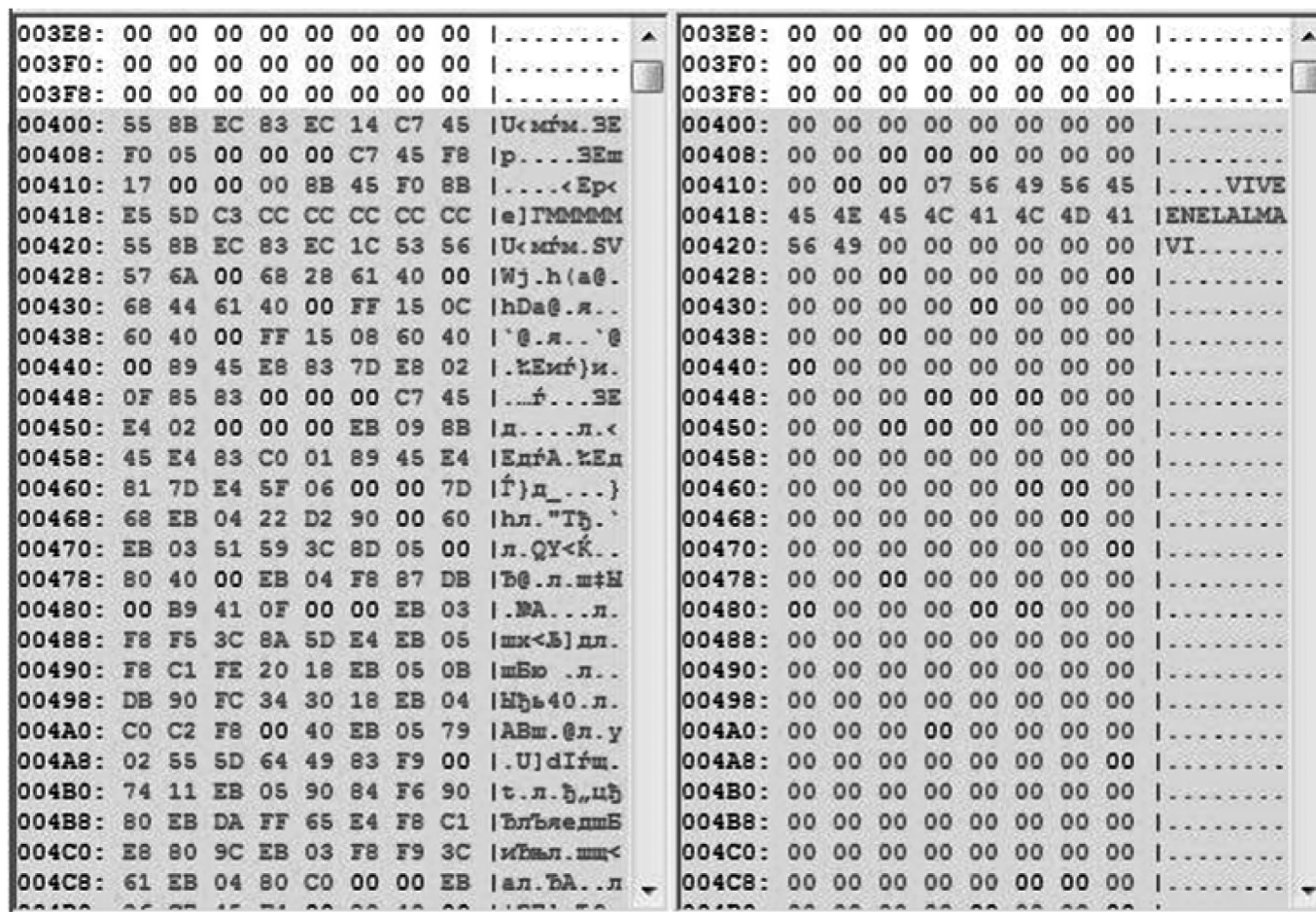


Рис. 5. Сравнение копий NgrBot

PE Sections					
Name	Virtual Address	Virtual Size	Raw Size	Entropy	Section MD5
.text	4096	59776	61440	4,08314	5027fb97a60db04070ddc607ab6141f5
.data	65536	9772	4096	0,0	620f0b67a91f7f74151bc5be745b7110
.rsrc	77824	100660	102400	5,07721	5ae8dc0c72763d83c1c2d7cf75422a40

PE Sections					
Name	Virtual Address	Virtual Size	Raw Size	Entropy	Section MD5
.text	4096	17659	17920	4,47736	18402d3b1eff468b3ff381ba732df8c7
.rdata	24576	8130	8192	3,28484	7407710f75d3232683ba8fe33de827ae
.data	32768	10240	7168	2,55455	59c6173eec2b21c5e6064f7160c12524
.rsrc	45056	57952	58368	5,54193	1757eaal0ad64e602cald659ecac60b
.reloc	106496	94208	20992	5,48767	63bbba5a7ca3e2a8d356c86b322baa3e

Рис. 6. PE структуры двух копий NgrBot
(MD5: ee66a7139bce6a4f9cab1e8d368cd287, MD5: fe6364de90e740b2db420940866204f8)


```

13028: 6E 2E 74 6D 70 00 00 00 |n.tmp...
13030: 25 73 61 75 74 6F 72 75 |%sautoru
13038: 6E 2E 69 6E 66 00 00 00 |n.inf...
13040: 3A 5C 00 00 25 63 3A 5C |:\...\%c:\
13048: 00 00 00 00 67 64 6B 57 |....gdkW
13050: 69 6E 64 6F 77 54 6F 70 |indowTop
13058: 6C 65 76 65 6C 43 6C 61 |levelCla
13060: 73 73 00 00 25 30 78 2E |ss...\%0x.
13068: 65 78 65 00 63 6F 6D 6D |exe.comm
13070: 65 6E 74 2D 74 65 78 74 |ent-text
13078: 00 00 00 00 2A 62 65 62 |....*beb
13080: 6F 2E 2A 2F 63 2F 68 6F |o.*/c/ho
13088: 6D 65 2F 61 6A 61 78 5F |me/ajax_
13090: 70 6F 73 74 5F 6C 69 66 |post_lif
13098: 65 73 74 72 65 61 6D 5F |estream_
130A0: 63 6F 6D 6D 65 6E 74 00 |comment.
130A8: 62 65 62 6F 20 4C 69 66 |bebo Lif
130B0: 65 73 74 72 65 61 6D 00 |estream.
130B8: 2A 62 65 62 6F 2E 2A 2F |*bebo.*/
130C0: 63 2F 70 72 6F 66 69 6C |c/profil
130C8: 65 2F 63 6F 6D 6D 65 6E |e/commen
130D0: 74 5F 70 6F 73 74 2E 6A |t_post.j
130D8: 73 6F 6E 00 62 65 62 6F |son.bebo
130E0: 20 43 6F 6D 6D 65 6E 74 | Comment
130E8: 00 00 00 00 4D 65 73 73 |....Mess
130F0: 61 67 65 00 2A 62 65 62 |age.*beb
130F8: 6F 2E 2A 2F 6D 61 69 6C |o.*/mail
13100: 2F 4D 61 69 6C 43 6F 6D |/MailCom
13108: 70 6F 73 65 2E 6A 73 70 |pose.jsp

```

Рис. 7. Сравнение дампов двух разных инъекций Ngrbot: alg.exe_248_rwx_00A90000_0004E000.dmp и alg.exe_640_rwx_00A90000_0004E000.dmp (319488 байт)

Результаты сканирования показывают, что большинство антивирусных программ не могут обнаружить Ngrbot в памяти. Для упрощения процесса поиска уникальных строк дампа, которые будут использоваться для создания правил Yara, будем использовать утилиту String. В приложении В приведен фрагмент строк «Dump_013E0000_0004E000.dmp».

Фрагмент представляет названия интернет-ресурсов, заблокированных антивирусной программой, а также уникальный маркер «ngrBot». Используя строки «Dump_013E0000_0004E000.dmp», создадим правило Yara (рис. 12).

В вышеприведенном правиле необходимо проверить все строки в \$ a1— \$ a9 или только «facebook», «twitter», «symantec», «threatexpert» со стандартным маркером «ngrBot». Видно, что строка «ngrBot» исключается из первой части состояния. Это связано с образцами без подписи «ngrBot» в дампе. Используя созданное правило, сканируем процесс Explore.exe PID. Команда для сканирования процесса Explore.exe: Yara.exe Yara.txt 1544> YaraResult

Результаты тестирований и противодействие уязвимостям

В результате работы алгоритмов FP-Tree и FP-Growth были получены частотные деревья и вытекающие из них частотные шаблоны.

В результате работы реализованного метода Frequent Pattern Analysis (FPA) в рамках среды Lavasoft MAS для детектирования вредоносных и фишинг-ссылок «in-the-wild» (с «дикой» среды сети Интернет) были получены следующие результаты.

В таблицах 2–4 приведены результаты по следующим категориям соответственно: количество заблокированных ссылок, которые были определены как вредоносные данным методом (Malicious); количество ложных срабатываний (FP — False Positives), то есть чистая ссылка была определена как вредоносная; количество незадетектированных вредоносных ссылок данным методом (FN — False Negatives), но задетектированные GSB и IDS. Были использованы сторонние (бесплатные) сканеры IDS Suricata (далее IDS) [17] и Google Safe Browsing (далее GSB) [18]. Для верификации ложных срабатываний использовался онлайн-мультисканер VirusTotal [19].

Использование трехсторонних URL сканеров, позволило сравнить результаты детектирования с использованием разработанного метода с другими сканерами, а также провести оценку каждого из сканеров по сравнению с двумя другими (Табл. 2).

```

kd> !process 0 1 explorer.exe
PROCESS 811ffb10 SessionId: 0 Cid: 0568 Peb: 7ffd5000 ParentCid: 0544
DirBase: 074001c0 ObjectTable: e17362b0 HandleCount: 442.
Image: EXPLORER.EXE
VadRoot 811e8530 Vads 248 Clone 0 Private 1780. Modified 375. Locked 0.
DeviceMap e16c17b0
Token e1af8d48
ElapsedTime 00:34:10.312
UserTime 00:00:00.203
KernelTime 00:00:01.203
QuotaPoolUsage[PagedPool] 135788
QuotaPoolUsage[NonPagedPool] 24504
Working Set Sizes (now,min,max) (4152, 50, 345) (16608KB, 200KB, 1380KB)
PeakWorkingSetSize 4168
VirtualSize 67 Mb
PeakVirtualSize 67 Mb
PageFaultCount 8227
MemoryPriority BACKGROUND
BasePriority 8
CommitCharge 2424

kd> !vad 811e8530
81182a70 ( 3) 1f30 1f30 0 Mapped READWRITE
811dd758 ( 5) 1f40 1f40 0 Mapped READWRITE
ffbc9148 ( 6) 1f50 1f5f 16 Private READWRITE
812aca58 ( 4) 1f60 1f60 1 Private EXECUTE_READWRITE
811df4e0 ( 6) 1f70 1f71 0 Mapped READONLY
8118ed88 ( 5) 1f80 1f80 0 Mapped READONLY
ffb95530 ( 7) 1f90 1f9f 16 Private READWRITE
ffba03c0 ( 8) 1fa0 1faf 16 Private READWRITE
81191288 ( 9) 1fb0 1fb1 2 Private READWRITE
811d94e0 (10) 1fc0 1fcf 16 Private READWRITE
811c6078 ( 6) 1fd0 201d 78 Private EXECUTE_READWRITE
812b18e8 ( 7) 2020 205f 15 Private READWRITE
ffb97b70 ( 8) 2060 2077 24 Private READWRITE
812ab120 ( 9) 2080 2080 1 Private READWRITE

kd> dc 1fd0*1000 L90
01fd0000 00905a4d 00000003 00000004 0000ffff MZ.....
01fd0010 000000b8 00000000 00000040 00000000 .....@.....
01fd0020 00000000 00000000 00000000 00000000 .....
01fd0030 00000000 00000000 00000000 000000e8 .....
01fd0040 0eba1f0e cd09b400 4c01b821 685421cd .....!.L!Th
01fd0050 70207369 72676f72 63206d61 6f6e6e61 is program canno
01fd0060 65622074 6e757220 206e6920 20534f44 t be run in DOS
01fd0070 65646f6d 0a0d0d2e 00000024 00000000 mode...$.
01fd0080 8963877e da0de63a da0de63a da0de63a ~.c.....
01fd0090 da09f9d2 da0de638 da03fab9 da0de63b .....8.....;
01fd00a0 da60201d da0de639 da76201d da0de62f .....9...v/...
01fd00b0 da0ce63a da0de6f1 da89b424 da0de604 .....$.
01fd00c0 da9cb424 da0de63b 68636952 da0de63a $....Rich:...
01fd00d0 00000000 00000000 00000000 00000000 .....
01fd00e0 00000000 00000000 00004550 0004014c .....PE.L...
01fd00f0 4dd47cd1 00000000 00000000 010200e0 .....|.M.....
01fd0100 0009010b 00010000 0003c600 00000000 .....
01fd0110 00010920 00001000 00011000 01fd0000 .....
01fd0120 00001000 00000200 00000005 00000000 .....
    
```

Рис. 8. Поиск инъекций Ngrbot в Windbg

Таблица 2.

Статистика детектирования вредоносных ссылок

Detection rates	05.2023	06.2023	07.2023	08.2023	Av, %
FPA method	1112	520	1145	+1247	4,93
IDS Suricata	31	40	34	32	0.16
GSB	89	29	13	202	0,43
Total URLs	19263	22407	22266	19215	

Таблица 3.

Статистика ложных срабатываний

FN rates	05.2023	06.2023	07.2023	08.2023	Av, %
FPA method	3	5	15	12	0.04
IDS Suricata	0	0	0	0	0.00
GSB	0	0	0	0	0.00
Total URLs	19263	22407	22266	19215	

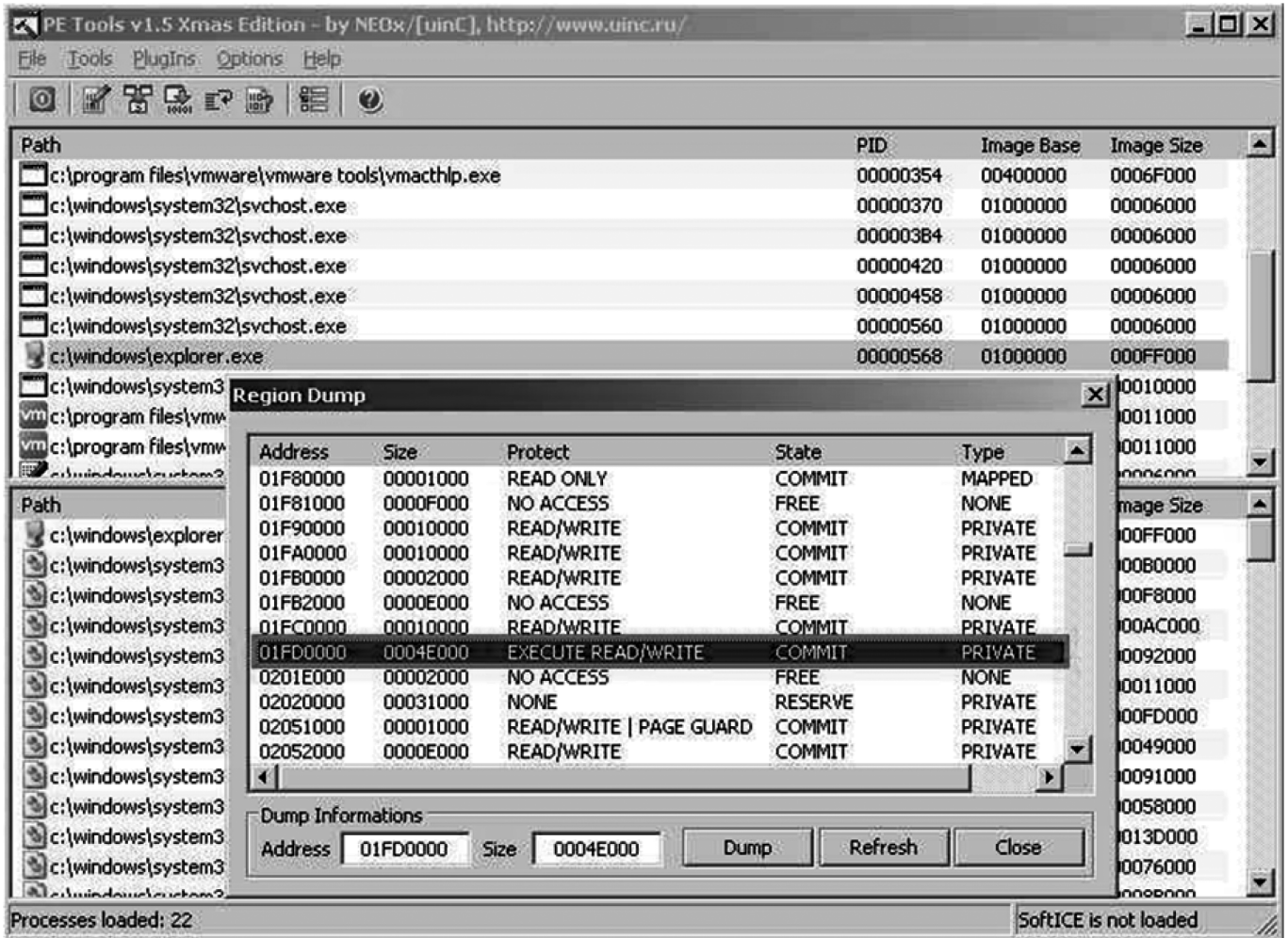


Рис. 9. Создание дампа Ngrbot с инструментами PE

```

(< s ? = > s) dlds http:// rebooting [Login]: %s [DNS]: Blocked %d doma
in(s) - Redirected %d domain(s) [Speed]: Estimated upload speed %d KB/s S
oftware\Microsoft\Windows\CurrentVersion\Run %s : Z o n e . I d e n t i
f i e r ngrBot_ running IPC_Check wininet.dll secur3
2 . d l l w s 2 _ 3 2 . d l l shell\open\command= shell\explore\comm
and= icon=shell32.dll,7J useautoplay=1J action=Open folder to view fi
lesJ shellexecute= [autorun]J .lnk %windir%\system32\cmd.exe &&%
windir%\explorer.exe %%cd%%s /c "start %%cd%%RECYCLER\%s RECYCLER ..
    
```

Рис. 10. Dump_01FD0000_0004E000.dmp фрагмент инъекции



SHA256: a948bce5101ce65879341f5f4dd38b179f1f8c2466da61e236a4d3bfc5cc2c39

File name: **Dump_01FD0000_0004E000.dmp**

Detection ratio: **17 / 43**

Analysis date: 2021-02-05 10:30:27 UTC (0 минут ago)

Рис. 11. Результаты сканирования Ngrbot (Microsoft: Worm: Win32 / Dorkbot.A, Norman: W32 / Dorkbot.U, Sophos: W32 / Dorkbot-L)

Таблица 4.
Статистика пропущенных вредоносных ссылок

FN rates	05.2023	06.2023	07.2023	08.2023	Av.,%
FPA method	120	69	47	234	0.59
IDS Suricata	1198	544	1143	1437	5.32
GSB	1140	555	1164	1267	5.06
Total URLs	19263	22407	22266	19215	

```

1 rule WormDorkbot
2 {
3   strings:
4     $a1 = "facebook" nocase
5     $a2 = "twitter" nocase
6     $a3 = "symantec" nocase
7     $a4 = "threatexpert" nocase
8     $a5 = "vkontakte" nocase
9     $a6 = "youtube" nocase
10    $a7 = "admin" nocase
11    $a8 = "letitbit" nocase
12    $a9 = "lavasoft" nocase
13
14    $b = "ngrBot"
15
16   condition:
17     (all of ($a*)) or ($a1 and $a2 and $a3 and $a4 and $b)
18 }
    
```

Рис. 12. Yara правило для Ngrbot

Используя созданное правило, можно просканировать процесс Explore.exe по PID. Команда для сканирования процесса Explore.exe выглядит следующим образом: Yara.exe Yara.txt 1544> YaraResult Результаты представлены на рис. 15.

Yara успешно обнаружила вредоносную программу Ngrbot. Программу можно удалить вручную, руководствуясь описанием. Аналогичное правило можно создать для семейства вредоносных программ Shiz (рис. 16).

Подписи Yara, применяемые к уникальным строкам или байтовым последовательностям, взятым из дампов или инъекций вредоносных программ, позволяют идентифицировать полиморфные шпионские программы в системе.

Экспериментальная часть

Несмотря на то, что наблюдался переход от криптовымогательства к криптодобыче — новой перспективной области, чтобы заработать миллионы долларов США [20] — обгоняя, например, требования WannaCry по количеству инфекций [21], еще рано говорить о вымирании шифровальщиков. CyberSecurity Ventures предполагали, что к 2025 году глобальные потери от шифровальщиков превысят \$11,5 млрд. [22]. Напротив, криптовалютный ажиотаж помогает преступникам еще больше обогащаться [23].

В январе 2018 года новое семейство шифровальщиков, которые работают по модели Шифровальщик-как-Сервис (Ransomware-as-a-Service — RaaS) GandCrab (декриптор для первой версии доступный [24]) показал неожиданный подъем в начале 2018 года [25] и затмил известных игроков RaaS с 2016 и 2017: Cerber, Locky и Spora [18]. Вторую [26] и третью [27] версию шифровальщиков GandCrab уже было выпущено в мае 2018 г. для продолжения игры в кошки мышки с исследователями безопасности.

Общепринятый сигнатурный подход не может обнаружить жестко закодированные шифры, которые не используют Crypto API или криптоконстанты. Например, RC4 не использует (крипто) константы и, следовательно, широко используется авторами вредоносных программ.

В эксперименте были использованы Krypto ANALyzer (KANAL) для инструмента PEiD [28] и общедоступные правила Yara [29, 30, 31] для выявления криптопримитивов.

Таблица 5.

Выявление крипто-примитивов в файлах PE и дампов памяти наследников с использованием правил PEiD и Yara.

Шифровальщик	Симметрический шифр	Источник данных	Сигнатурный детект (Yara, KANAL PEiD)
GloberImposter	AES-256-CBC; RC4, 16-byte key	PE file	List of primes, Big numbers, CryptGenKey import
		Memory dump	List of primes, Big numbers, CryptGenKey import, Rijndael_AES_CHAR, Rijndael_AES_LONG
TeslaCrypt	AES-256-CBC	PE file	N/A
		Memory dump	CryptGenKey import, Big numbers
MoneroPay	Salsa20, 32-byte key	PE file	N/A
		Memory dump	N/A

Таблица 5 содержит результаты выявления криптопримитивов в PE файлах шифровальщика и дампа памяти. Полученные детективы показывают, что только в одном случае KANAL правильно обнаружил AES в шифровальщике GloberImposter. Другими словами, выявление на основе подписи не может рассматриваться как надежный способ идентификации жестко закодированных шифров в шифровальщиках.

Предложенный способ предусматривает создание модели классификации, которая потребляет примеры кода шифра, а затем пытается найти известные фрагменты кода в шифровальщиках.

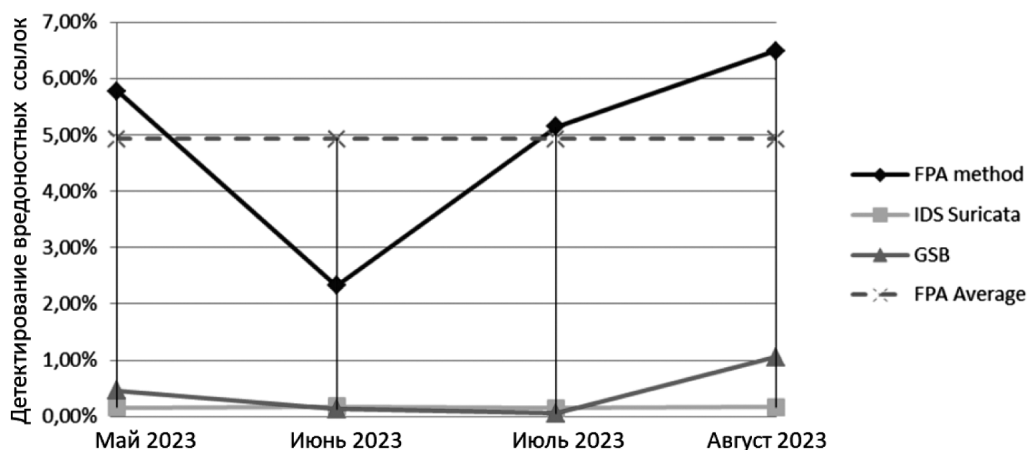


Рис. 13. Статистика детектирования вредоносных ссылок с использованием разработанного метода FPA, IDS системы и Google Safe Browsing онлайн сервиса

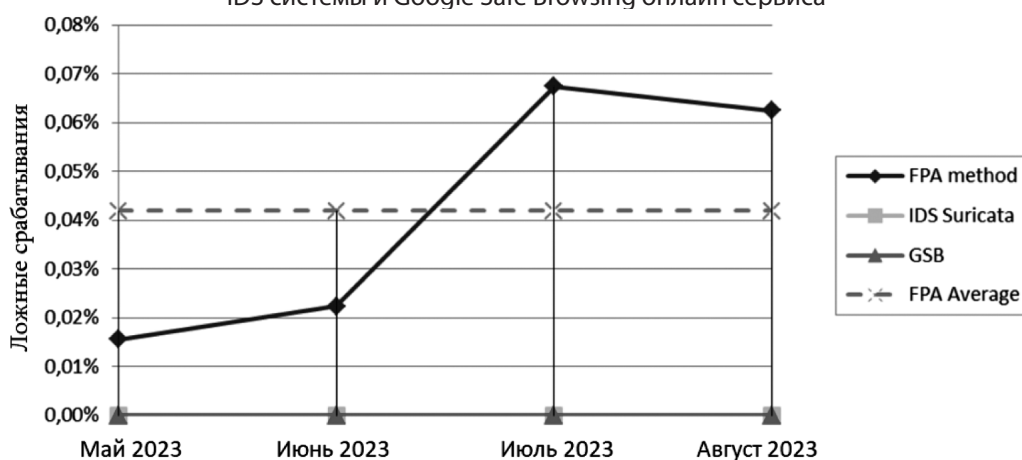


Рис. 14. Статистика ложных срабатываний с использованием разработанного метода FPA, IDS системы и Google Safe Browsing онлайн сервиса

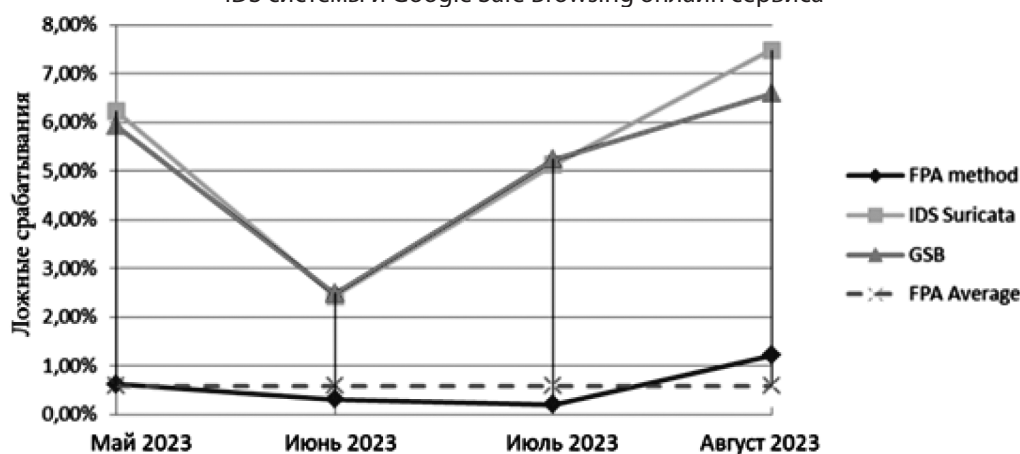


Рис. 15. Статистика пропущенных вредоносных ссылок с использованием разработанного метода FPA, IDS системы и Google Safe Browsing онлайн сервиса

Метод выявления криптопримитивов включает следующее:

1. Подготовка кодовых шаблонов шифров, представленных в Assembler — библиотеке образцов.
2. Исходный код C / C ++ загружается и компилируется с использованием различных параметров

компиляции, таких как условие вызова: cdecl, stdcall, fastcall; и оптимизация генерации кода: по размеру, производительности, или без них, чтобы получить большее разнообразие шаблонов кода Assembler для распознавания данного шифра. В приложении параметр Security Check (/ GS)

1	WormDorkbot 1544	22	0x76ef9451:\$a8: admin
2	0x13d2ad4:\$b: ngrBot	23	0x76eff52f:\$a8: admin
3	0x13d2e64:\$b: ngrBot	24	0x76eff56f:\$a8: admin
4	0x13d56ac:\$b: ngrBot	25	0x772d4393:\$a8: admin
5	0x13d56c4:\$b: ngrBot	26	0x772db35b:\$a8: admin
6	0x13d56d8:\$b: ngrBot	27	0x13d28d1:\$a7: youtube
7	0x13d1c60:\$a10: lavasoft	28	0x13d31ad:\$a6: vkontakte
8	0x13d2229:\$a9: letitbit	29	0x13d31c4:\$a6: vkontakte
9	0xa49dfb:\$a8: admin	30	0x13d31d9:\$a6: vkontakte
10	0xa49e0a:\$a8: admin	31	0x13d31f0:\$a6: vkontakte
11	0xa4a77b:\$a8: admin	32	0x13d3209:\$a6: vkontakte
12	0xa4a78a:\$a8: admin	33	0x13d3220:\$a6: vkontakte
13	0xa4a8fb:\$a8: admin	34	0x13d1ec9:\$a5: youporn
14	0xa4a90a:\$a8: admin	35	0x13d1db0:\$a4: threatexpert
15	0x11131c3:\$a8: admin	36	0x13d1d1c:\$a3: symantec
16	0x13d1ad6:\$a8: admin	37	0x13d2581:\$a2: twitter
17	0x13d2c10:\$a8: admin	38	0x13d3239:\$a2: twitter
18	0x13d2c1a:\$a8: admin	39	0x13d326d:\$a2: twitter
19	0x13d2cbd:\$a8: admin	40	0x13d26d9:\$a1: facebook
20	0x20281eb6:\$a8: admin	41	0x13d32a1:\$a1: facebook
21	0x20283869:\$a8: admin	42	0x13d32f1:\$a1: facebook

Рис. 16. Результаты сканирования процесса Explorer.exe с использованием Yara

```

1 rule Shiz
2 {
3   strings:
4     $a1 = "FAKTURA"
5     $a2 = "IBANK"
6     $a3 = "INIST"
7     $a4 = "INTER"
8     $a5 = "RAIFF"
9     $a6 = "abc123"
10    $a7 = "jordan23"
11    $a8 = "xakep"
12
13   condition:
14     all of ($a*)
15 }
```

Рис. 17. Правило Yara для Shiz

выключен для устранения избыточного кода, добавленного компилятором VC.

3. Нормализация кода.
4. Замена имен регистров процессора и адресов памяти, которые зависят от конкретного компилятора и структуры PE-файла шаблонов для унификации кода Assembler. Например, тот же алгоритм, составленный двумя разными компиляторами с одинаковыми параметрами генерации кода, может использовать различные регистры ЦП и адреса для вызовов функций и сохранение переменных. Поэтому, прежде чем сравнивать два ассемблерных списка, необходимо заменить все имена реестра и адреса, а также удалить комментарии и соответствующие разделители. В противном случае значение расстояния Левенштейна будет больше.

5. Локализация шаблона криптокода в нормализованном коде, который соответствует использованию библиотеки Google Match.
6. Получение векторов diffs с использованием алгоритма разложения Myer [32] между кодом шаблона и фрагментами соответствующего кода в требованиях к испытанию.
7. Расчет расстояния Левенштейна [32] для векторов diffs, отражающего минимальное количество вставленных, удаленных или замененных символов, чтобы изменить шаблон в соответствующий код в требованиях.

Формально для двух строк S1 и S2 длины n и m, соответственно расстояние Левенштейна можно рассчитать, используя следующую формулу повторения:

$$\begin{aligned}
 D(n, m) &= 0, \text{ когда } i = 0, j = 0; \\
 D(n, m) &= i, \text{ когда } i > 0, j = 0; \\
 D(n, m) &= j, \text{ когда } i = 0, j > 0; \\
 D(n, m) &= \min(D(i, j-1), D(i-1, j), D(i-1, j-1) + 1S1[i] \neq 1S2[j]), \text{ когда } i > 0, j > 0, \text{ где } i \in \{0, 1, \dots\}, j \in \{0, 1, \dots\}.
 \end{aligned}$$

Если значение расстояния Левенштейна ниже заданного порога, два фрагмента кода можно рассматривать как связанные с тем же криптопримитивом. В этом случае можно предположить, что данный шифровальщик использует шифр, к которому принадлежит шаблон. Порог может быть получен экспериментальным путем или указанным аналитиком вредоносных программ.

8. Распознанный криптопримитив добавляется в библиотеку образцов, которая будет использована позже для идентификации того же шифра.

Эксперименты проводились с помощью библиотек Google Diff, Match Patch [33]. Библиотеки обеспечивают интеллектуальное сопоставление фрагментов кода, получение разностных векторов с использованием алгоритма различий Майера и вычисления расстояния Левенштейна.

Во время экспериментов использовался порог соответствия по умолчанию, равный 0,5.

Таблица 6.

Образцы вымогателей, использованных в экспериментах

Ransomware	SHA256
TeslaCrypt	9e3827dffcc24d1da72cb3d423bddf4cd535fa636062e4ea63421ef327fec56ad
GlobelImposter	a0e5bced56025f875721043df981c400fc28e4efc68ffe42ac665633de085ab1
MoneroPay	ababb37a65af7c8bde0167df101812ca96275c8bc367ee194c61ef3715228ddc

Результаты экспериментов показывают соответствие кода расширения ключа AES у вымогателей TeslaCrypt и Globelmposter, кода PRGA RC4 у вымогателей Globelmposter и кода кватерфунда Salsa20 у вымогателей MoneroPay.

Таблица 7.

Распознавание AES (расширение ключа) у вымогателей TeslaCrypt

Iteration No	1	2	3	4	5
Expected location	0	1500	3000	10000	20000
Matched location	115	1473	2986	10006	19953
Levenshtein distance	95	60	93	76	75
Correct match in ransomware	FALSE	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE

Таблица 8.

Распознавание AES (расширение ключа) у вымогателей Globelmposter

Iteration No	1	2	3	4	5
Expected location	100	1000	4400	10000	20000
Matched location	399	999	4425	9968	19991
Levenshtein distance	61	113	50	132	91
Correct match in ransomware	FALSE	FALSE	TRUE	FALSE	FALSE

Таблица 9.

Распознавание RC4 (PRGA) у вымогателей Globelmposter

Iteration No	1	2	3	4	5
Expected location	0	500	800	1000	1500
Matched location	340	340	828	1063	1553
Levenshtein distance	20	20	76	75	83
Correct match in ransomware	TRUE	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE

Таблица 10.

Распознавание RC4 (PRGA) у вымогателей Globelmposter

Iteration No	1	2	3	4	5
Expected location	0	100	1000	1500	3000
Matched location	2	100	1000	1500	3094
Levenshtein distance	118	146	177	619	389
Correct match in ransomware	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE

Примеры шаблонов шифрования, сценария Python, используемого для нормализации кода ASM, и полученные векторы Diffs можно найти в общедоступном репозитории [34]. Чтобы повысить производительность и точность описанного метода распознавания образов, рекомендуется указать приблизительное местоположение, где криптопримитив может появиться в целевом файле. Выявление на основе сигнатур константами может помочь методу найти криптопримитивы в вымогателях. Например, для поиска местоположения кода, который принадлежит симметричным шифрам AES, Salsa20 и TEA, которые имеют эти константы.

Заключение

Как следует из проанализированных данных, метод детектирования Интернет-ссылок на основе анализа атрибутов с использованием частотных паттернов в формах обратной связи позволяет определить 4,93 % (таблица 3) ссылок как вредные на основании анализа их атрибутов из общего числа ссылок «in-the-wild». IDS система и GSB сервис смогли определить 0,16 % и 0,43 % ссылок как вредоносные, соответственно в том же наборе.

Среднее число ложных срабатываний у метода FPA выше (таблица 4), чем у IDS и GSB сервисов, и составляет 0,04 % (9 ссылок) от общего числа ссылок. В контексте детектирования подозрительных Интернет-ссылок данный показатель не является критическим, как, например, для приложений, поскольку пользователь может зайти на заблокированную страницу, проигнорировав предупреждение системы безопасности.

При этом среднее количество пропущенных вредных и фишинг-ссылок выше у систем IDS и GSB и составляет 5,32 % и 5,06 % соответственно при том, что FPA метод пропустил всего 0,59 % опасных ссылок (таблица 5). Данный параметр является наиболее существенным в системах блокировки вредоносных фишинг-сайтов, так как позволяет предупредить пользователя о потенциальной опасности при посещении зараженного веб-ресурса.

В результате сравнительного анализа метода сигнатурного детектирования IDS системы Suricata и метода детектирования с использованием черных списков Google Safe Browsing с магическим методом FPA на основе анализа атрибутов Интернет-ссылок было отмечено значительное преимущество метода по количеству детектируемых вредоносных и фишинг-ссылок. При этом разработанный метод FPA имеет приемлемый процент ложных срабатываний (0,04 %), что можно считать незначительным недостатком метода на данный момент.

В результате проведенного анализа, технология полиморфизма может обеспечить надежную защиту новых частей программ-шпионов от обнаружения антивирусом нулевого дня, делая себя практически невидимым в компьютерной системе.

Более того, после установки полиморфные бэкдоры могут запускать процедуру обновления для загрузки новой версии шпионского ПО, что увеличивает срок его службы на зараженном компьютере. Представлен также способ обнаружения полиморфных шпионских программ и то, как этот подход главным образом основан на динамическом анализе образцов. После запуска полиморфная программа-шпион обнаруживает свою вредную полезную нагрузку непосредственно в памяти

процесса. Этот метод может быть успешно обнаружен с помощью правил Yara, специально созданных для семей Ngrbot и Shiz.

На основе проведенных экспериментов определено, что одним из возможных вариантов применения метода являются корпоративные сети. Используя описанные методы, администратор или инженер по безопасности может создать правило Yara для определенного семейства шпионских программ и начать выявлять активное заражение в сети. Как только вирус обнаружен, руководство по удалению может помочь вылечить систему.

Заключение по результатам поиска криптопримитивов в формах обратной связи. Результаты экспериментов подтвердили первоначальную гипотезу о возможности идентификации криптопримитивов в упакованном и деобфускированном коде вымогателей. Случаи, представленные в таблицах 6–10, имеют правильно распознанный фрагмент кода с минимальным расстоянием Левенштейна.

Таким образом, показана возможность эффективного распознавания криптопримитивов в коде вымогателей на основе кода ассемблера ethalon с симметричных шифров, которые рассматриваются как шаблоны поиска. Некоторая часть данного подхода также описана в [35].

Предложенный метод успешно обнаружил криптографический код симметричных шифров AES, RC4, Salsa20 в вымогателях TeslaCrypt, Globelmposter и MoneroPay. Однако, основанный на сигнатурах подход, с использованием правил Yara и открытым исходным кодом и KANAL в PEiD, показал низкие возможности обнаружения.

Описанный способ может быть дополнительно улучшен, чтобы автоматически генерировать правило Yara для выявления фрагмента кода, который совпал с вымогателем, ответственным за симметричное шифрование данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Introduction to Natural Language Processing (NLP) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://towardsdatascience.com/introduction-to-natural-language-processing-nlp-323cc007df3d>
2. Щипина Л.Ю. Информационные технологии в лингвистике. Учебное пособие — 2013. С.43–52.
3. Зубова И.И. Информационные технологии в лингвистике: Учебное пособие. — МГЛУ. — Мн., 2001.
4. T.T. Lee. Algebraic Theory of Relational Databases. -The Bell System Technical Journal Vol 62, No 10.-1983.-pp. 3159-3204.
5. E. Louie, T.Y. Lin. Finding Association Rules using Fast Bit Computation: Machine-Oriented Modeling // Foundations of Intelligent Systems, Z. Ras and S. Ohsuga.-Springer-Verlag, 2000. — pp. 486–494.
6. Y.D. Cai, N. Cercone, and J. Han. Attribute-oriented induction in relational databases, “in Knowledge Discovery in Databases, pp. 213-228. AAAI / MIT Press, Cambridge. — MA. — 1991.
7. T.Y. Lin, S. Oshuga, CJ Liao, X. Hu, S. Tsumoto. Foundations of Data Mining and Knowledge Discovery. -Springer.-2005-pp.34-53.
8. Borgelt C., An Implementation of the FP-growth Algorithm. — OSDM’05, 2005, 135 p.
9. Mao R., Adaptive-FP: An Efficient and Effective Method for Multi-Level Multi-Dimensional Frequent Pattern Mining. — Simon Fraser University. — 2001. — 56 p.
10. PhishTank, онлайн сервис. Доступен: <http://www.phishtank.com/>, январь 2014.
11. Alexa.com, онлайн сервис. доступен: <http://www.alexa.com/>, январь 2014.
12. IDS Suricata, открытый IDS / IPS / NSM движок. Доступен: <http://suricata-ids.org/>, январь 2014.
13. Google Safe Browsing, онлайн сервис Google для проверки URL. Дос-пен: <https://developers.google.com/safe-browsing/>, январь 2014.
14. VirusTotal, онлайн мультисканнер. Доступен: <https://www.virustotal.com/>, январь 2014.
15. The Yara rules to detect crypto primitives, <https://github.com/polymorf/findcrypt-yara>
16. Russinovich ME, Solomon DA. Microsoft Windows internals, Microsoft Windows Server (TM) 2003, Windows XP, and Windows 2000 (Pro-Developer). 4th ed. Redmond, WA, USA: Microsoft Press, ISBN 0735619174; 2004.
17. Система обнаружения вторжений IDS Suricata [<https://suricata-ids.org/>]
18. Google Safe Browsing [<https://safebrowsing.google.com/>]
19. Веб-ресурс мультисканнера VirusTotal [<https://www.virustotal.com/>]
20. Smominru Monero mining botnet making millions for operators, Proofpoint, January 31, 2018, available at <https://www.proofpoint.com/us/threat-insight/post/smominru-monero-mining-botnet-making-millions-operators>
21. 2017 Annual Security Roundup: The Paradox of Cyberthreats, TrendMicro, 2017, available at <https://documents.trendmicro.com/assets/rpt/rpt-2017-Annual-Security-Roundup-The-Paradox-of-Cyberthreats.pdf>
22. Global Ransomware Damage Costs Predicted To Hit \$ 11.5 Billion By 2019, Cybersecurity Ventures, 2018, available at <https://cybersecurityventures.com/ransomware-damage-report-2017-part-2/>
23. SpriteCoin: Another New Cryptocurrency ... or NOT!, Fortinet, January 22, 2018, available at <https://www.fortinet.com/blog/threat-research/spritecoin-another-new-cryptocurrency-or-not.html>
24. No More Project» website, <https://www.nomoreransom.org/en/index.html>
25. <https://twitter.com/WDSecurity/status/968270740549193730>

26. Lawrence Abrams, GandCrab Ransomware Version 2 Released With New .Crab Extension & Other Changes, BleepingComputer.com, March 6, 2018.
27. Lawrence Abrams, GandCrab Version 3 Released With Autorun Feature and Desktop Background, BleepingComputer.com, May 4, 2018, available at <https://www.bleepingcomputer.com/news/security/gandcrab-version-3-released-with-autorun-feature-and-desktop-background/>
28. PEiD Tool website, <http://peid.has.it>
29. The Yara rules to detect crypto primitives, <https://github.com/Yara-Rules/rules/tree/ae82fb6e1e3145a85f52c4856985f7743796aae6/Crypto>
30. The Yara rules to detect crypto primitives, <https://github.com/x64dbg/yarasigs>
31. The Yara rules to detect crypto primitives, <https://github.com/polymorf/findcrypt-yara>
32. E.W. Myers, An O (ND) Difference Algorithm and Its Variations, Department of Computer Science, University of Arizona, Tucson, US., Available at <https://neil.fraser.name/writing/diff/myers.pdf>
33. Haggarty R., Discrete mathematics for computing, Pearson Education Limited, 2002 pp. 91–113
34. Google Diff, Match i Patch [<https://github.com/google/diff-match-patch>] Diffs векторы [<https://github.com/AlexanderAda/NioGuardSecurityLab/tree/master/RansomwareAnalysis/DiffMatchPatterns>]
35. Русаков, А.М. Программное средство обнаружения активных эксплоитов в корпоративном комьюнити / А.М. Русаков, И.В. Красноперова, Н.З. Циклаури // Наукосфера. — 2023. — № 1–2. — С. 252–261. — DOI 10.5281/zenodo.7584323. — EDN CWGGYG.

© Русаков Алексей Михайлович (rusal@bk.ru); Амелютин Евгений Вячеславович (amelyutin9@yandex.ru);
Розин Станислав Вадимович (stasrozin@gmail.com); Самогин Артем Сергеевич (samogin@mirea.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ О ДОСТУПНОСТИ ПРОКСИ СЕРВЕРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR COLLECTING AND ANALYZING DATA ON THE AVAILABILITY OF PROXY SERVERS USING MACHINE LEARNING METHODS

**A. Rusakov
M. Deryugin
V. Nikonov
M. Simonova**

Summary. The article describes the process of creating software for collecting and analyzing data on the availability of proxy servers using machine learning methods. Among the ready-made solutions, there were no options that could fully meet the needs for improving the quality of services provided, so it was decided to start developing its own program that allows, without the active participation of the user, to check and collect information about the availability of proxy servers from public resources, analyze their performance and analyze their availability in the near future. By sending a request to a public web resource through a proxy, it was possible to check the performance based on the response or on the delay of the request. Some machine learning algorithms have been tested for forecasting, as well as exponential smoothing.

Keywords: proxy server, proxy server availability, information security, machine learning.

Благодаря развитию технологий современный человек уже слабо представляет свою жизнь без интернета. Интернет проник во все сферы жизнедеятельности и существенно упрощает процесс взаимодействия между людьми, он позволяет в один клик совершать покупки и буквально управлять своим домом. Благодаря такому широкому охвату многие технологические компании собирают информацию о действиях пользователей в интернете, что с одной стороны позволяет улучшать качество предоставляемых услуг, но с другой не всем может понравиться своего рода «слежка» за действиями в глобальной сети. Одним из основных идентификаторов пользователя интернета является его IP-адрес, который позволяет определить местоположение конечного устройства с высокой точностью. Благодаря этой особенности, возможно, например. Ограничить до-

Русаков Алексей Михайлович
Старший преподаватель, МИРЭА — Российский технологический университет
rusal@bk.ru

Дерюгин Михаил Геннадьевич
Аспирант, МИРЭА — Российский технологический университет
UStStation@yandex.ru

Никонов Вячеслав Викторович
Доцент, МИРЭА — Российский технологический университет
nikonov_v@mirea.ru

Симонова Мария Алексеевна
МИРЭА — Российский технологический университет,
simonova_maria_al@mail.ru

Аннотация. В статье приводится процесс создания программного обеспечения для сбора и анализа данных о доступности прокси серверов с использованием методов машинного обучения. Среди готовых решений не было вариантов, которые могли бы в полной мере удовлетворить потребности в повышении качества предоставляемых услуг, поэтому было решено приступить к разработке собственной программы, позволяющей без активного участия пользователя проверять и собирать информацию о доступности прокси-серверов из публичных ресурсов, анализировать их работоспособность и анализировать их доступность в ближайшем будущем. Используя отправку запроса на публичных веб-ресурс через прокси, можно было проверить работоспособность, опираясь на ответ или на задержку запроса. Для прогнозирования были проверены некоторые алгоритмы машинного обучения, а также задействовано экспоненциальное сглаживание.

Ключевые слова: прокси сервер, доступность прокси сервера, информационная безопасность, машинное обучение.

ступ к какому-либо ресурсу в сети, который был ограничен по каким-либо причинам, что негативно сказывается на конечном пользователе.

Необходимость прокси-сервера заключается в том, что с помощью него возможно подключение к интернет-ресурсу через посредника. Благодаря этому появляется возможность подменить выходной IP адрес клиента или ресурса сети. Это может быть полезно при наложении ограничений со стороны политик компании, например, либо системного администратора или каких-либо других регуляторов. В сети интернет есть множество ресурсов, которые позволяют получить список публичных прокси-серверов, которые могут быть использованы всеми желающими. Но не всегда удаётся получить приемлемое качество услуг от таких прокси-серверов, так как пода-

вляющее большинство этих серверов не обслуживаются или имеют слишком высокое время отклика на запросы. И даже в том случае, если прокси-сервер удовлетворяет требованиям пользователя на данный момент, никто не может гарантировать, что качество предоставляемых услуг прокси-серверов не будет ухудшаться. Такой вариант развития событий возможен, например, из-за непреднамеренного предоставления публичности прокси-серверу владельцем, из-за чего сервер стал доступен из сети интернета. Поэтому актуальным является автоматический подбор быстрых и безопасных прокси-серверов. Существуют следующие способы выхода в Интернет, используя прокси-сервер, рассмотрим достоинства и недостатки каждого:

1. публичные прокси-сервера:
 - анонимность пользователя, не требуется раскрытие личной информации;
 - широкий выбор источников из списка доступных;
 - часть этих источников имеет низкий уровень качества предоставляемых услуг;
2. собственный прокси-сервер:
 - предоставление собственных прав доступа;
 - необходимость администрирования ресурса;
 - трудности с расширением, так как для каждого нового прокси-сервера необходима аренда ресурсов (IP адрес);
3. использование специализированных ресурсов:
 - лёгкость в масштабируемости и гибкость решений;
 - необходим надёжный поставщик услуг;
 - деанонимизация пользователя услугами.

В рамках этой работы мы разработаем программу, включающую в себя преимущества каждого из способов выхода в интернет с помощью прокси-сервера. Способ реализации включает в себя анализ и последующий сбор данных о публичных прокси-серверах с дальней-

шим исследованием качества предоставляемых услуг для выхода в глобальную сеть и выбором наилучших по результатам исследования.

Модель функционирования системы сбора и анализа данных о доступности прокси серверов

В качестве источников прокси-серверов будут использоваться ресурсы, постоянно формирующие списки публичных прокси-серверов. Разрабатываемая программа периодически будет проверять списки с веб-ресурсов и записывать в базу информацию о прокси-серверах. Далее, программа постоянно анализирует каждый прокси-сервер на доступность и пишет в базу данных следующие данные:

- время отклика;
- HTTP статус код;
- адрес клиента, который идентифицировал целевой ресурс (внешний адрес прокси-сервера);

Программа состоит из следующих компонентов:

- Компонент сбора — отвечает за сбор информации из публичных источников;
- Компонент проверки — ответственен за анализ доступности прокси-серверов;
- База данных, которая ответственна за хранение данных и синхронизацию работы компонентов;
- Менеджер задач — отвечает за отправку задач в очередь сообщений;
- API — организует последовательный доступ к данным.

Программа функционирует по следующему алгоритму, представленному на рисунке 1:

1. Компонент сбора по расписанию агрегирует данные о прокси-серверах с публичных ресурсов, которые предоставляют данную информацию;

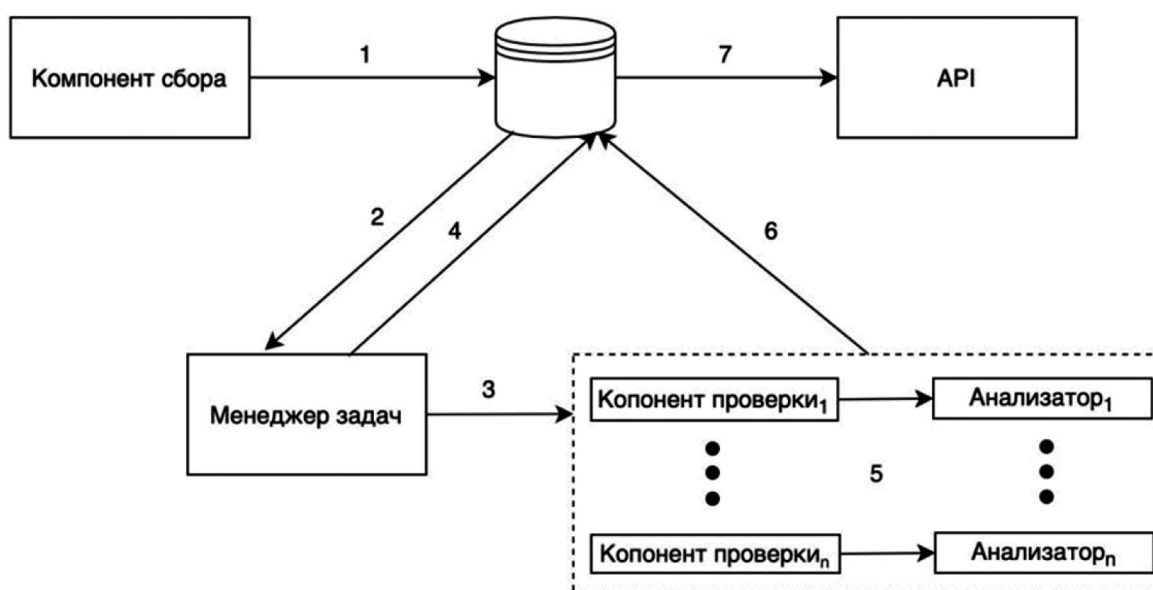


Рис. 1. Архитектура системы сбора и анализа данных о доступности прокси серверов

2. Менеджер задач берёт из базы данных те прокси-сервера, работоспособность которых должна быть протестирована;
3. Менеджер задач посылает задачу на тестирование сформировавшегося списка прокси-серверов;
4. Менеджер задач отмечает в базе данных время, когда конкретный прокси-сервер отправился на тестирование;
5. Компонент проверки тестирует каждый полученный прокси-сервер и пересылает полученные данные анализатору;
6. Анализатор составляет прогноз доступности прокси-сервера на ближайшее будущее, после чего записывает результат предсказания в базу данных;
7. API отвечает за предоставление доступа к информации о прокси-серверах, для которых уже готов прогноз доступности.

По результатам анализа доступности прокси-сервера имеют возможность попасть в одну из трех групп:

1. Группа для тестирования — в этой группе прокси-сервера имеют среднее время проверки работоспособности. Данная группа создана для прокси-серверов, оценка производительности которых до сих пор не завершена.

2. Группа активных серверов — проверки для этой группы осуществляются наиболее часто. Те прокси-сервера, что попали в эту группу маркируются как доступные и готовы к отправке конечному пользователю.
3. Группа неактивных серверов — в этой группе прокси-сервера больше анализируются на работоспособность. Если сервер попал в данную группу, то считается, что он стабильно не рабочий.

Распределение по группам предназначено для более эффективного использования вычислительных ресурсов, сделано это потому, что анализ доступности представляет из себя довольно затратную по времени операцию. Таким образом, те сервера, которые помечены как стабильно нерабочие исключаются из проверки, а наиболее жизнеспособные прокси-сервера проверяются чаще. Ниже, на изображении 2, приведена схема жизненного цикла прокси-сервера в программе:

Количественный анализ данных о доступности прокси серверов

Исследование было проведено на 670000 прокси-серверах из 10 разных публичных источников. Каждые

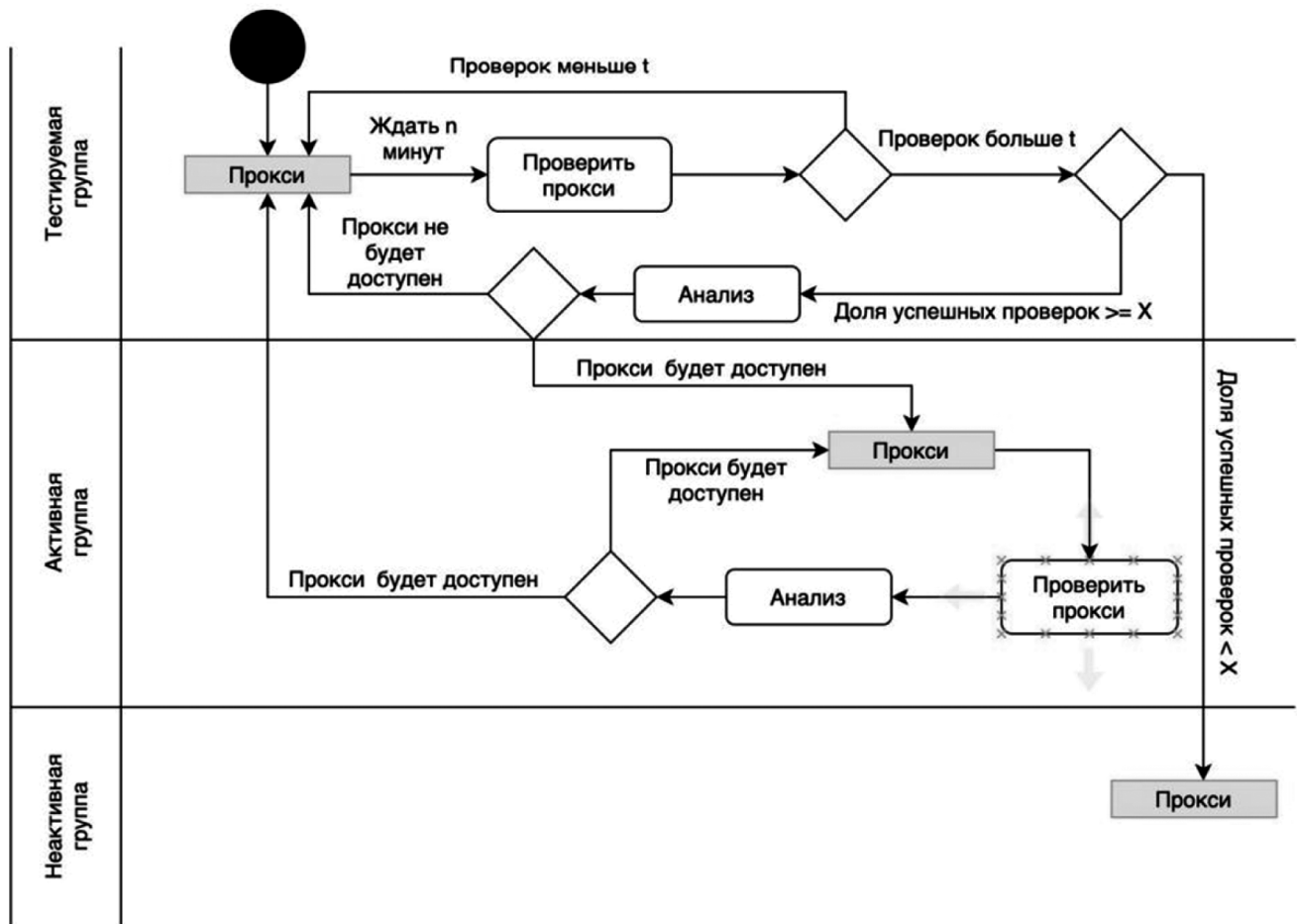


Рис. 2. Жизненный цикл прокси-сервера

2 часа для выбранных прокси-серверов осуществлялся анализ доступности. Прокси-сервер помечался как недоступный, если время ответа было больше 20 секунд, или если HTTP статус-код возвращался отличный от успешного. Одной из основных задач этой работы является возможность предсказания работоспособности прокси-серверов. Необходимо отобрать такие признаки, которые за наименьшее количество проверок могут спрогнозировать работоспособность сервера в ближайшем времени. Предположим, следующую теорию: прокси-сервера с высоким уровнем работоспособности могут время от времени быть недоступными или отвечать с высокими задержками (больше 20 секунд), однако они не могут проваливать несколько проверок подряд.

Разработка модели оценки доступности

Для определения работоспособности работы алгоритмов машинного обучения и для анализа его применимости в нашей работе, был составлен базовый метод предсказания. Суть работы метода: берется 10 последних проверок и высчитывается число S , которое равняется доли успешных среди этих проверок. Чтобы проанализировать, пройдет ли прокси-сервер проверку, которая следует за этими 10 проверками, берется некоторое число **Bound** от 0 до 1 и если $S \geq \text{Bound}$, то мы делаем вывод, что прокси-сервер пройдет проверку работоспособности. В качестве числа **Bound** было взято 11 чисел от 0 до 1.0 с шагом 0.1, и для каждого была произведена классификация описанным ранее способом. Опираясь на результаты данной классификации, был сформирован следующий график, изображенный на рисунке 3:

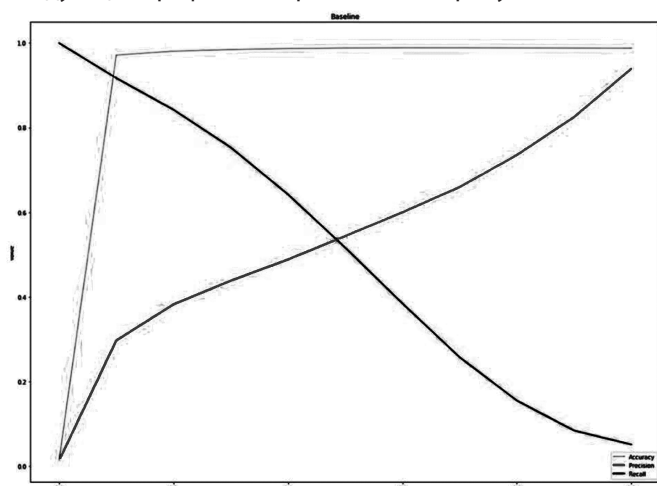


Рис. 3. Распределение количества проверок. Горизонтальная ось — bound. Вертикальная ось — значение

Результаты классификации интерпретируются следующим образом:

1. TP — количество истинно-положительно классифицированных объектов;

2. TN — количество истинно-отрицательно классифицированных объектов;
3. FP — количество ложно-положительно классифицированных объектов;
4. FN — количество ложно-отрицательно классифицированных объектов.

Метрики качества классификации:

$$precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

Перед переходом к этапу обучения моделей было разработано несколько наборов описания объектов по признаку:

1. **last_10_bool** — набор состоит из 10 признаков, которые составлены из 10 последних проверок. Значение признака равно 0 если сервер не прошел проверку и 1 если прошел.
2. **first_10_bool** — набор состоит из 10 признаков, которые составлены из 10 первых проверок. Значение признака равно 0 если сервер не прошел проверку и 1 если прошел.
3. **last_20_bool** — набор состоит из 20 признаков, которые составлены из 20 последних проверок. Значение признака равно 0 если сервер не прошел проверку и 1 если прошел.
4. **last_10_time** — набор состоит из 20 признаков, которые составлены из 10 последних проверок. Для первых 10 признаков значение признака равно 0 если сервер не прошел проверку и 1 если прошел, а остальные 10 признаков определяются как время (в секундах), прошедшее с момента каждой из 10 последних проверок до проверки, которую мы пытаемся предсказать.
5. **last_10_succ_rate** — набор состоит из 11 признаков, которые составлены из 10 последних проверок. Для первых 10 признаков значение признака равно 0 если сервер не прошел проверку и 1 если прошел, а 11-ый признак равен доли успешных проверок этого сервера за все время.
6. **last_10_fiar** — набор состоит из 11 признаков, которые составлены из 10 последних проверок. Для первых 10 признаков значение признака равно 0 если сервер не прошел проверку и 1 если прошел, а 11-ый признак равен максимальному количеству непройденных подряд проверок.
7. **last_10_fiar_sr** — набор состоит из 12 признаков, которые составлены из 10 последних проверок. Для первых 10 признаков значение признака равно 0 если сервер не прошел проверку и 1 если прошел, 11-ый признак равен доли успешных про-

верок этого сервера за все время, а 12-ый признак равен максимальному количеству непройденных подряд проверок.

8. **last_10_fiar_sr_good** — составлен по тому же принципу, что набор 7, но в данном наборе присутствуют только те сервера, у которых среди первых 10 проверок доля успешных больше или равна 0.1. Всего таких серверов 29190.

Целевой переменной для всех наборов признаков будет служить результат проверки, которая следует за теми, которые использовались для образования конкретного набора.

Настройка гиперпараметров моделей

Большинство моделей машинного обучения имеют всевозможные гиперпараметры. Гиперпараметры — это такие параметры модели машинного обучения, которые задаются до обучения модели и остаются неизменными в процессе обучения. В зависимости от данных, одни и те же модели с разными наборами гиперпараметров скорее всего получат различные результаты классификации/регрессии.

Существует множество методов оптимизации гиперпараметров, но в этой работе были применены два следующих:

1. Поиск по решетке. Данный метод совершает полный перебор по заданному вручную множеству гиперпараметров. Для каждого набора гиперпараметров проводится оценка модели методом скользящего контроля [1] (кросс-валидация). Результатом работы метода является набор гиперпараметров, который показал самый лучший результат.

2. Случайный поиск. Данный метод схож с методом поиска по решетке, однако вместо полного перебора заданного множества, наборы гиперпараметров составляются случайным образом. Количество тестируемых наборов задается вручную. Данный метод обычно используется для моделей с большим количеством гиперпараметров.

В таблице 1 показаны значения всех гиперпараметров для каждой модели.

Из таблицы видно, что случайный поиск необходим только для модели RandomForest. Происходит это из-за того, что полный перебор значений всех гиперпараметров этой модели занял бы огромное количество времени. Также, в таблице не представлен наивный байесовский классификатор, так как он не имеет настраиваемых гиперпараметров.

Результатом работы алгоритмов оптимизации гиперпараметров стали следующие значения, которые приведены в таблице 2.

Результаты работы классификаторов

В качестве алгоритмов машинного обучения были выбраны следующие модели:

1. SVM (linear kernel) — метод опорных векторов с линейным ядром;
2. Random Forest — случайный лес;
3. SVM (rbf kernel) — метод опорных векторов с радиально-базисным ядром;
4. Naive Bayes — наивный байесовский классификатор;
5. Logistic Regression — логистическая регрессия.

Таблица 1.

Описание гиперпараметров моделей и множество тестируемых значений

Модель	Метод	Гиперпараметры	Значения	Описание
SVC(linear)	Поиск по решетке	C	0.001, 0.01, 0.1, 1, 10	Отвечает за ширину разделяющей полосы
RandomForest	Случайный поиск	n_estimators	100, 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000	Количество деревьев
		min_samples_split	2, 5, 10, 20, 50	Минимальное количество объектов для ветвления узла
		min_samples_leaf	1, 2, 4, 8, 16, 32	Минимальное количество объектов в листе
		max_features	auto, sqrt	Количество признаков, которое учитывается при ветвлении
		max_depth	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100	Максимальная глубина дерева
		bootstrap	True, False	Использование бэггинга
SVC(rbf)	Поиск по решетке	C	0.001, 0.01, 0.1, 1, 10	Отвечает за ширину разделяющей полосы
		gamma	0.001, 0.01, 0.1, 1, 10	Параметр радиально-базисной функции
LogisticRegression	Поиск по решетке	C	0.001, 0.01, 0.1, 1, 10	Отвечает за степень регуляризации
		penalty	l1, l2, elasticnet	Вид регуляризатора

Таблица 2.

Описание гиперпараметров моделей и множество тестируемых значений

Модель	Метод	Гиперпараметры	Значения
SVC(linear)	Поиск по решетке	C	10
RandomForest	Случайный поиск	n_estimators	1200
		min_samples_split	2
		min_samples_leaf	8
		max_features	sqrt
		max_depth	60
		bootstrap	False
SVC(rbf)	Поиск по решетке	C	10
		gamma	1
LogisticRegression	Поиск по решетке	C	1
		penalty	l1

Для получения результатов работы классификаторов использовалась схема 5-fold cross validation:

1. Вся выборка случайно делится на 5 равных по количеству объектов частей;
2. В качестве тестовой выборки берется первая из 5 частей, а в качестве обучающей все остальные;
3. Модель обучается, тестируется и вычисляются метрики качества;
4. Далее, процедура повторяется еще 4 раза так, чтобы в итоге каждая из пяти частей побывала в качестве тестовой выборки;
5. В качестве результата вычисляются усредненные метрики качества.

В таблице 3 приведены значения ключевых метрик моделей машинного обучения. Здесь также присутствует метрика F1, которая вычисляется по следующей формуле:

$$F1 = 2 * \frac{precision * recall}{precision + recall}$$

Таблица 3.

Метрики моделей машинного обучения

Модель	Набор признаков	Accuracy	Precision	Recall	F1
SVC (linear)	last_10_bool	0.988	0.662	0.306	0.419
RandomForestClassifier		0.988	0.594	0.342	0.434
SVC (rbf)		0.988	0.594	0.347	0.438
Naive Bayes		0.971	0.309	0.914	0.461
LogisticRegression		0.989	0.633	0.385	0.479

Модель	Набор признаков	Accuracy	Precision	Recall	F1
SVC (linear)	fist_10_bool	0.988	0.628	0.324	0.428
RandomForestClassifier		0.988	0.594	0.342	0.434
SVC (rbf)		0.988	0.588	0.366	0.451
GaussianNB		0.968	0.289	0.927	0.441
LogisticRegression		0.988	0.610	0.387	0.473
SVC (linear)	last_20_bool	0.989	0.643	0.255	0.365
RandomForestClassifier		0.989	0.617	0.339	0.437
SVC (rbf)		0.988	0.508	0.358	0.420
GaussianNB		0.964	0.248	0.945	0.393
LogisticRegression		0.989	0.598	0.403	0.482
SVC (linear)	last_10_with_time	0.989	0.640	0.302	0.410
RandomForestClassifier		0.989	0.652	0.360	0.464
SVC (rbf)		0.988	0.557	0.340	0.422
GaussianNB		0.972	0.302	0.920	0.455
LogisticRegression		0.989	0.607	0.383	0.470
SVC (linear)	last_10_succ_rate	0.990	0.653	0.364	0.468
RandomForestClassifier		0.990	0.631	0.418	0.503
SVC (rbf)		0.989	0.595	0.381	0.464
GaussianNB		0.971	0.291	0.915	0.441
LogisticRegression		0.990	0.629	0.434	0.514
SVC (linear)	last_10_with_fiar	0.989	0.632	0.297	0.404
RandomForestClassifier		0.989	0.617	0.390	0.478
SVC (rbf)		0.988	0.524	0.397	0.452
GaussianNB		0.972	0.294	0.915	0.445
LogisticRegression		0.989	0.585	0.404	0.478
SVC (linear)	last_10_sr_fiar	0.990	0.651	0.379	0.479
RandomForestClassifier		0.990	0.659	0.453	0.537
SVC (rbf)		0.988	0.529	0.404	0.458
GaussianNB		0.971	0.290	0.915	0.440
LogisticRegression		0.989	0.597	0.412	0.487
SVC (linear)	last_10_sr_fiar_good	0.805	0.655	0.424	0.515
RandomForestClassifier		0.810	0.658	0.458	0.540
SVC (rbf)		0.778	0.553	0.456	0.500
GaussianNB		0.750	0.491	0.743	0.591
LogisticRegression		0.800	0.629	0.431	0.512

Если ориентироваться на метрику F1, то лучшим набором признаков получится набор под номером 8

(last_10_sr_fiar_good). Наиболее вероятно это связано с тем, что остальные наборы содержат в себе слишком большое количество серверов, без единой успешной пройденной проверки, из-за чего 95 % результатов являются почти одинаковыми. Можно также заметить, что в отношении точности результатов, лучшей моделью среди всех оказался метод опорных векторов с линейным ядром. Однако, логистическая регрессия во всех экспериментах имеет почти такие же результаты, как и SVM, но она всегда опережает конкурентов по полноте, из-за чего метрика F1 у логистической регрессии оказывается в среднем чуть больше, чем у SVM. К тому же процесс обучения логистической регрессии происходит гораздо быстрее, чем у метода опорных векторов. Стоит так сказать, что хоть наивный байесовский классификатор имеет наибольшее значение F1 в последнем эксперименте, но он также значительно уступает по точности в сравнении с другими представленными моделями, что делает его выбор в качестве основного метода оценки качества прокси-серверов не валидным, так как в рамках решения поставленной задачи точность играет гораздо большую роль, чем полнота. Таким образом, по результатам проведенных проверок и исследований, моделью с наилучшим результатом является логистическая регрессия.

Линейная регрессия

Так как все проверки включают в себя значение времени отклика, то можно попытаться угадать это значение для следующей проверки вместо того, чтобы просто предсказывать доступность прокси-сервера. Так как время отклика — это числовое значение, а не категориальное, то для его предсказания не подходят методы классификации.

Для обучения регрессии был составлен специальный набор признаков. Этот набор состоит из 20 признаков. Первые 10 признаков представляют из себя значения времени отклика последних 10 проверок. Если программа не получила ответ от прокси-сервера во время проверки, то она считает, что время отклика равно 21000, искусственно завышая максимальное время отклика, равное 20000. Остальные 10 признаков определяются как время (в секундах), которое прошло с момента каждой из последних 10 проверок до той проверки, которую мы пытаемся предсказать.

Результатом линейной регрессии будет являться число L , которое будет равно предполагаемому времени отклика сервера, который мы пытаемся предсказать. Для сравнения регрессии с остальными моделями, как и в случае с базовым методом, мы можем взять некое число **Bound**, и если $L < \text{Bound}$, то мы считаем, что сервер пройдет проверку, а если $L \geq \text{Bound}$, то будем считать, что проверка не пройдена. Для визуализации резуль-

татов работы регрессии был сформирован следующий график, изображенный на рисунке 4:

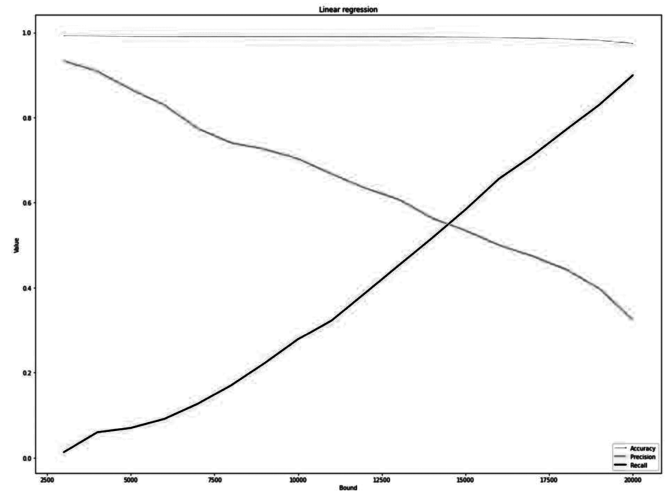


Рис. 4. Результаты линейной регрессии. Горизонтальная ось — Bound. Вертикальная ось — значение

Экспоненциальное сглаживание

Методы машинного обучения моделируют результат для одного прокси-сервера опираясь на данные, полученные от всех прокси-серверов, использованных во время обучения. Иной подход использует метод экспоненциального сглаживания, который во время предсказания оперирует данными только того сервера, поведение которого он пытается предсказать. Второй метод выглядит привлекательнее в случае, когда индивидуальные особенности конкретного прокси-сервера значат больше, чем усредненные значения признаков множества серверов.

На графике ниже, изображенном на рисунке 5, можно заметить, что синяя линия обрывается чуть раньше, чем другие. Связано это с тем, что синяя линия показывает текущие данные о времени отклика, полученные во время анализа. А последние значения остальных линий отображают прогнозируемые значения времени отклика для следующей проверки.

Для составления прогнозов значений будем использовать все имеющиеся проверки прокси-сервера кроме самой последней, так как ее мы будем предсказывать. Для того, чтобы данный метод можно было сравнить с другими, будем считать, что если прогнозируемое значение больше или равно 20000, то сервер не пройдет проверку. После чего производится сравнения результата с реальным и делается вывод о правильности составленного предсказания.

Так как данный метод имеет 2 настраиваемых параметра, то были взяты некоторые значения обоих параметров, составлены всевозможные пары этих значений и с каждой парой были проведены манипуляции, опи-

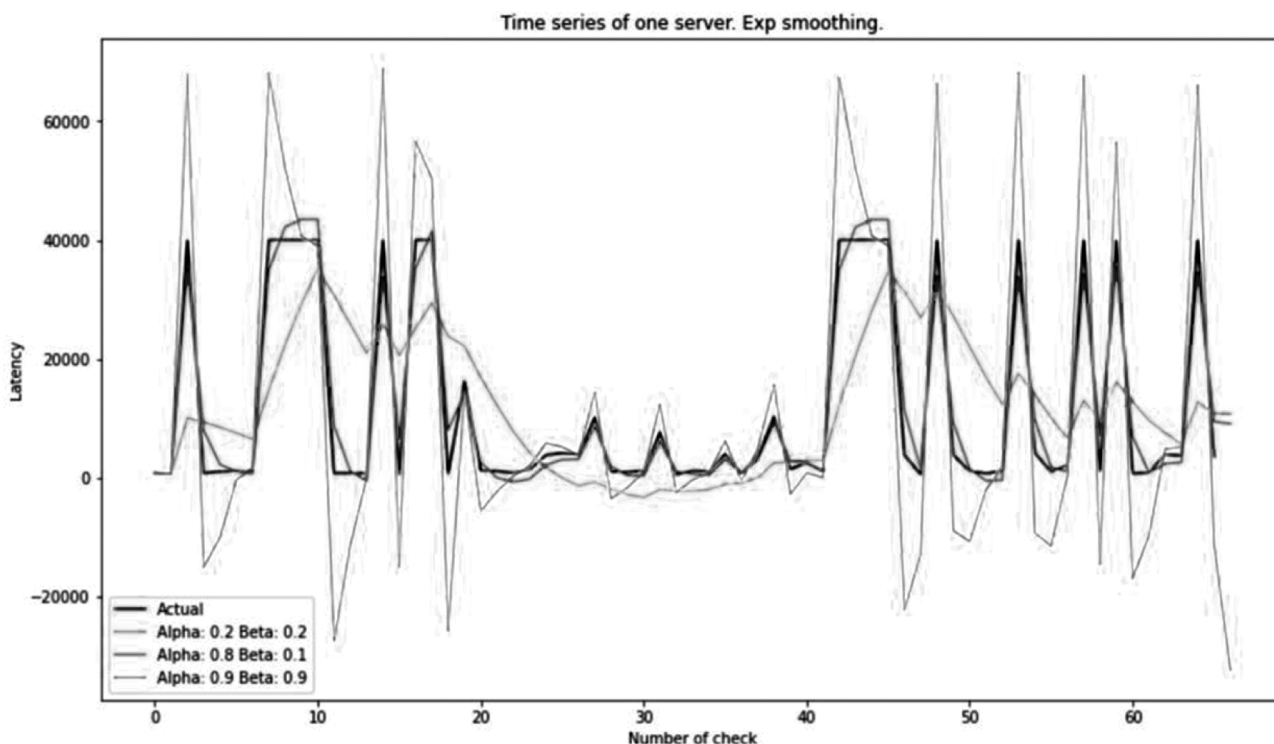


Рис. 5. Двойное экспоненциальное сглаживание с разными параметрами
Горизонтальная ось — номер проверки.
Вертикальная ось — время отклика.

санные выше. В результате была выбрана та пара, которая показала наилучшие результаты по метрике F1.

В таблице 4 приведены значения ключевых метрик метода двойного экспоненциального сглаживания.

Таблица 4.

Результаты прогнозирования двойного экспоненциального сглаживания

Модель	Accuracy	Precision	Recall	F-measure
Double Exp Smoothing (alpha = 1 beta = 0.2)	0.746	0.839	0.823	0.831

Выводы по сравнению методов прогнозирования

В процессе поиска решений данной задачи проведено большое количество исследований, в рамках которых было установлено, какой метод больше всего подходит для предсказания поведения прокси-серверов. По итогу полученных результатов наилучшим инструментом оказался метод экспоненциального сглаживания. Помимо того, что этот метод показал отличнейшие результаты по сравнению с конкурентами, он также является наиболее простым для использования, так как не требует затрат ресурсов на предварительное обучение.

Общая архитектура программы

Программа состоит из пяти основных модулей, представленных на рисунке 6:

- `gtp_scrapy` — реализует компонент сбора информации о прокси-серверах из публичных источников;
- `gtp_manager` — реализует менеджер задач;
- `gtp_checker` — реализует компонент проверки доступности прокси-серверов;
- `gtp_rest` — реализует API доступа к данным;
- `gtp_common` — пакет, в котором содержатся вспомогательные классы, которые необходимы сразу в нескольких компонентах.

Модель хранения данных

Компонент `gtp_scrapy`

Компонент `gtp_scrapy` отвечает за сбор данных о прокси-серверах с публичных веб-ресурсов, которые занимаются публикацией этих данных. Как правило, такие ресурсы имеют доход с рекламы, но есть и такие, которые предлагают платный доступ к полному списку их базы прокси-серверов, а бесплатно предоставляют только некоторую часть этого списка.

Компонент `gtp_scrapy` реализован при помощи бесплатного фреймворка с открытым исходным кодом Scrapy[2]. Упомянутый фреймворк создан для разработки приложений, которым необходимо извлекать информацию с веб-сайтов и хранить ее в различных представлениях.

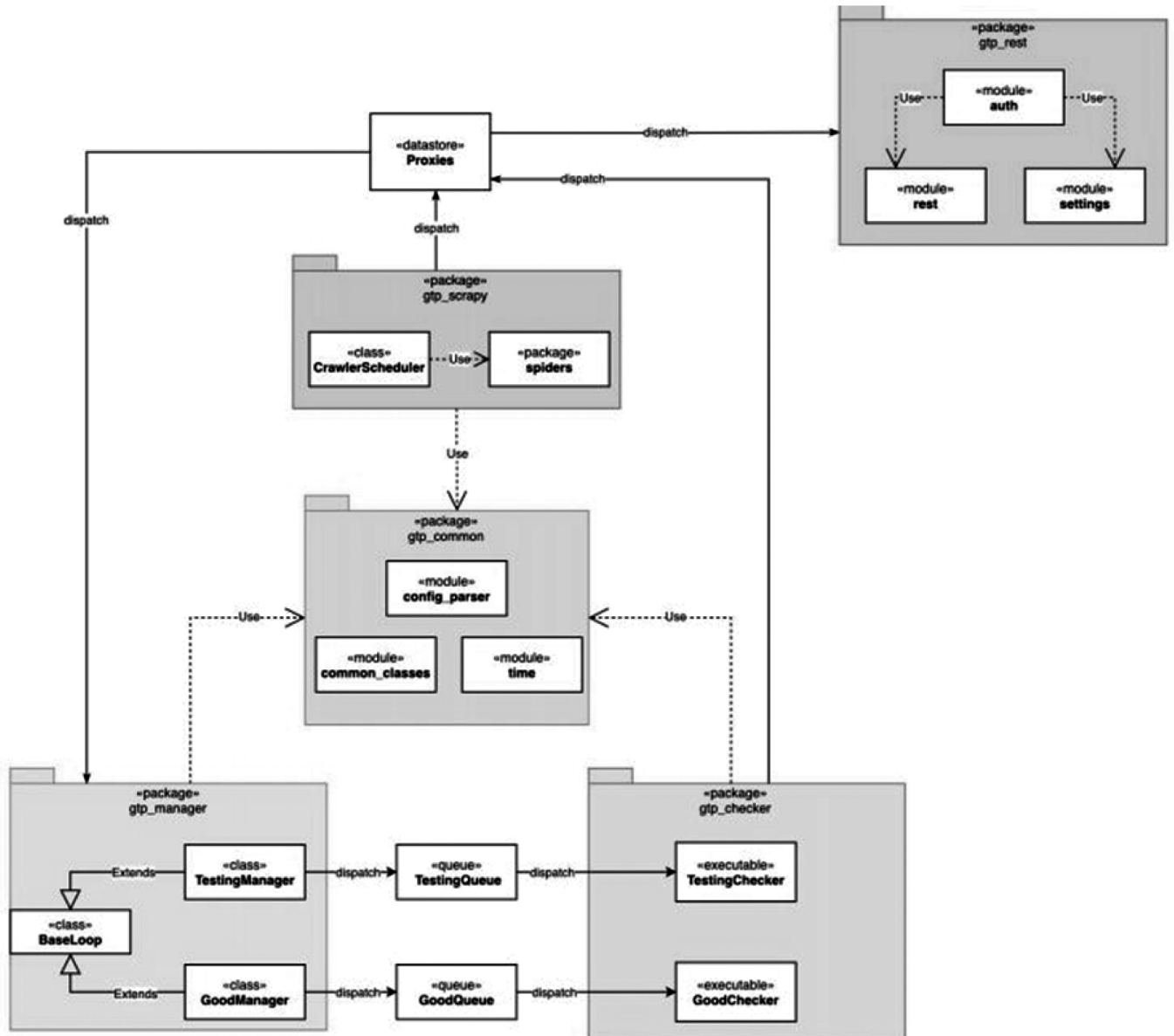


Рис. 6. Архитектура программы сбора и анализа данных о доступности прокси серверов

В этой системе было использовано 10 spider-классов, каждый из которых ответственен за получение данных из 1–2 веб-ресурсов. На вход spider-класс получает загруженную веб-страницу в HTML [3] формате. Извлечение данных происходит в результате обхода дерева тегов веб-страницы и обнаружения тегов, подходящих под шаблоны, заданные в spider-классе. В случаях, если необходимая информация содержится более чем на одной странице веб-ресурса, то на всех полученных веб-страницах данного ресурса производится поиск ссылок, которые соответствуют заранее описанному шаблону. В следующем шаге происходит переход на обнаруженные ссылки и процесс получения данных повторяется. Процесс повторяется, пока все обнаруженные страницы не будут обработаны.

У источников есть собственный интервал обновления списка прокси-серверов, и для организации сбора

данных, согласно этому интервалу, был разработан вспомогательный класс, ответственный за расписание сбора информации с источников. Этот класс начинает процесс старта каждого spider'а и записывает время старта в кэш. Следующие инициализации пауков начинаются по прошествии времени, обозначенном в конфигурационном файле. Время проставляется отдельно для каждого spider'а.

Многие ресурсы, которые публикуют информацию о публичных прокси-серверах, пользуются средствами для предотвращения автоматизированного сбора данных об этих серверах. Как правило, защита базируется на использовании JavaScript кода, который производит изменения страницы после того, как она загрузилась. Иногда, необходимые данные находятся внутри JavaScript кода в открытом виде. Тогда необходимо полу-

читать JavaScript код в виде строки и после этого из строки доставать необходимые данные. Помимо этого, были замечены несколько ресурсов, которые определяли номера портов при помощи специальных JavaScript методов, и получить необходимые данные из страницы уже не представлялось возможным предыдущими способами. Для решения этой проблемы была подключена сторонняя библиотека js2py[4], которая позволяет транслировать JavaScript код в Python код. Кроме того, было поставлено ограничение на количество запросов до 1 в секунду во избежание блокировки веб-ресурсом из-за превышения количества запросов.

Компонент `gtp_manager`

Компонент `gtp_manager` ответственен за отправку заданий компоненту `gtp_checker`. С заданным в файле конфигурации промежутком времени `gtp_manager` запрашивает у базы данных сервера, не стоящих в очереди на проверки и у которых с последней проверки прошло большое количество времени. В базе данных для каждого сервера проставлены поля `enqueued`, в которое вносится время последней отправки прокси-сервера на проверку, и `last_update`, в котором проставляется время последней проверки прокси-сервера. Если `last_update` в базе меньше, чем `enqueued`, значит сервер уже стоит в очереди на проверку и не нуждается в повторном отправлении.

Для того чтобы эти байты не были интерпретированы как служебная информация протокола передачи сообщений AMQP [5], они кодируются с помощью стандарта кодирования `base64`[6] и в закодированном виде передаются в очередь сообщений.

Проверка доступности прокси-серверов

Компонент `gtp_checker` служит для проведения проверок откликов прокси-серверов и внесения данных о результатах проверок в базу данных. Для осуществления проверок применяются следующие методики:

1. К определённому сетевому ресурсу осуществляется запрос через нужный прокси-сервер. Чтобы убедиться, что запрос отправился именно через определённый прокси-сервер, в качестве конечной точки используется специальные ресурсы, которые в ответ отправляют адрес клиента, например, `http://ident.me`. Время ожидания ответного запроса ограничено 20 секундами.
2. В базу данных вносятся следующие данные о результатах проверки:
 - HTTP статус код ответа;
 - время отклика;
 - адрес целевого ресурса;
 - адрес клиента, который вернул целевой ресурс;
 - время проведения проверки.

Критерием успешности прохождения теста для прокси-сервера служит запись об ответном запросе, пришедшем в течение 20 секунд и, если статус код этого запроса валидный (равен 2xx).

Описание классов, схема которых изображена на рисунке 7:

1. `CheckModel` — промежуточное представление проверки
 - `condition` — главная информация об объекте, который необходимо обновить;
 - `check` — данные о результатах проверки, которые будут добавлены в базу.
 - `meta` — данные, которые будут обновляться (счетчики проверок и т.д.)
2. `BaseProvider` — базовый класс для описания взаимодействий с СУБД
 - `flush_updates` — абстрактный метод обновления данных в БД.
3. `MongoProvider` — реализация `BaseProvider` для взаимодействия с MongoDB
 - `collection` — инкапсулирует соединение с базой данных;
 - `flush_updates` — реализация обновления данных для MongoDB.
4. `CachingUpdater` — класс, реализующий функционал буфера для проверок
 - `cache` — буфер, служащий для временного хранения результатов проверок;
 - `provider` — экземпляр одного из наследников класса `BaseProvider`;
 - `store_results` — хранит массив объектов результатов проверок в буфере кэша.

Архитектура очередей сообщений

Как уже упоминалось ранее, в процессе функционирования программы прокси-сервера могут быть помещены в одну из трёх групп: *тестируемая*, *активная* и *неактивная*. Главным отличием этих групп друг от друга служит то, что проверки для прокси-серверов из разных групп инициализируются с различной периодичностью, и чтобы поддерживать частоту запуска этих проверок, каждая группа (кроме *неактивной*) независимо от других обрабатывается своим менеджером задач. Менеджер задач формирует задачи на проверку прокси-серверов своей группы и отправляет их в свою очередь сообщений. Далее, те процессы компонента проверки, которые настроены на чтение из соответствующей очереди, получают задачи, выполняют их и записывают результаты этих задач в базу данных. Схема работы изображена на рисунке 8.

Использование очередей сообщений позволяет решить сразу две задачи:

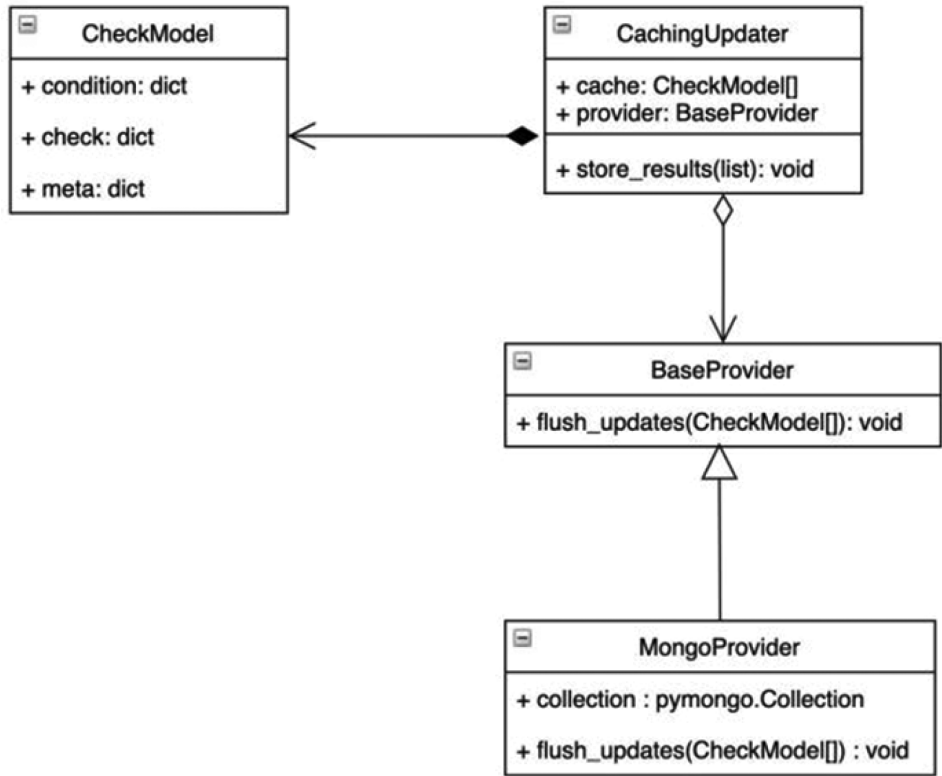


Рис. 7. Диаграмма классов checker'a

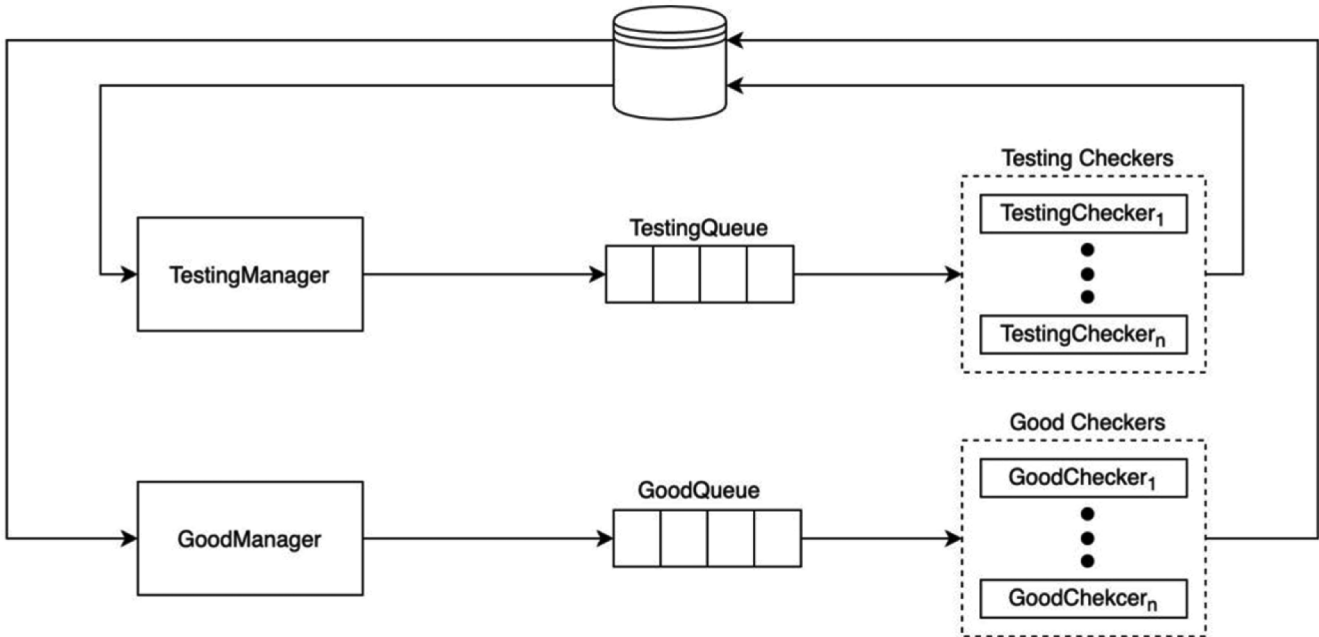


Рис. 8. Схема работы очередей сообщений

- Проверка доступности прокси-серверов из разных групп осуществляется независимо друг от друга, что даёт возможность выполнять проверки в каждой группе с необходимой частотой.
- Так как связь с очередью сообщений происходит посредством сетевого взаимодействия, то в случае необходимости масштабирования можно запустить несколько процессов компонента проверки

на разных компьютерах, что значительно увеличит количество выполняемых проверок.

Для организации работы компонентов с очередью сообщений использовался фреймворк Celery [7], а в качестве поставщика очередей сообщений был выбран инструмент RabbitMQ [8].

Компонент gtp_rest

Данный компонент ответственен за доступ к данным с помощью API. Он разработан при помощи асинхронного (событийно-ориентированного) фреймворка twisted[9] в виде REST API сервиса, который принимает HTTP GET запросы и возвращает HTTP-ответ со сведениями о прокси-сервере в формате JSON[10].

После того, как сервис получил запрос от пользователя, программа обрабатывает отправленные пользователем аргументы и формирует новый запрос к базе данных. Получив ответ от базы данных, программа формирует из него JSON-строку и отправляет ее обратно пользователю.

Мониторинг

В разрабатываемой программе используется система мониторинга Prometheus [11]. Prometheus на постоянной основе берёт значения заранее описанных метрик из компонентов программы и хранит их в виде временных рядов в базе данных. Также, в Prometheus есть возможность использовать язык запросов PromQL, который позволяет гибко собирать и обрабатывать хранимые

данные. Для удобства визуализации полученных из компонентов метрик развёрнут сервис для интерактивного отображения данных Grafana [12]. Схему работы мониторинга отображена на рисунке 9:

Мониторинг функционирует по следующим принципам:

1. В каждом компоненте определяются необходимые для отображения метрики и логика их изменения;
2. При старте компонента, он также запускает HTTP target-сервер на определенном порту;
3. Каждые 15 секунд Prometheus сервер пуллит из каждого target-сервера все необходимые метрики и записывает их в базу данных в виде временных рядов;
4. Grafana Server по запросу пользователя берёт из Prometheus сервера нужные данные и представляет их в удобном для визуализации виде.

В таблице 5 указаны основные отображаемые метрики для каждого компонента

Примеры отображения данных с помощью сервиса Grafana показаны на рисунках 10 и 11.

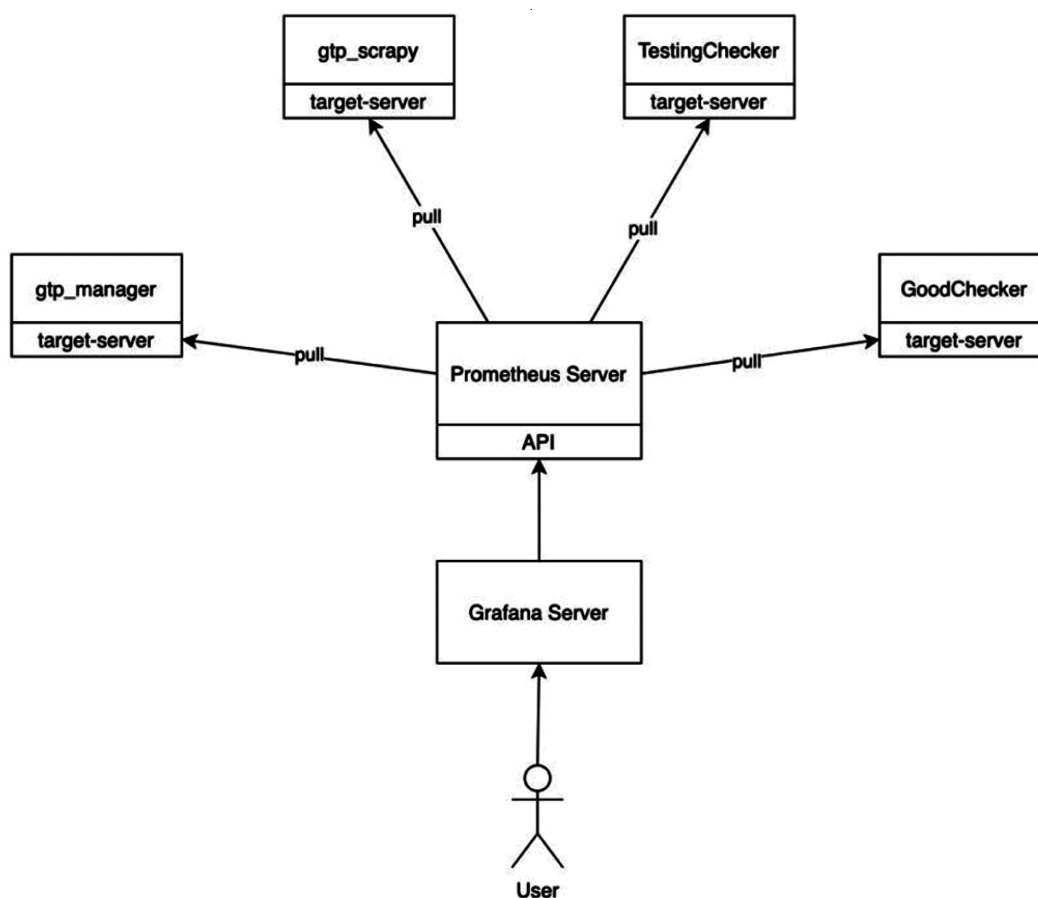


Рис. 9. Схема мониторинга проекта

Таблица 5.

Отображаемые метрики для каждого компонента

Компонент	Метрика
gtr_scaru	Число обнаруженных прокси-серверов
	Средняя скорость обнаружения
	Количество новых прокси-серверов
	Количество дублей
	Распределение обнаруженных прокси-серверов по источникам
	Число возникших ошибок
gtr_manager	Число отправленных заданий по очередям сообщений
gtr_checker	Число выполненных проверок доступности
	Среднее время получения ответа от прокси-серверов
	Распределение полученных от прокси-серверов ответов по HTTP статус кодам
	Число успешных проверок
	Число проваленных проверок
	Число обнаруженных ошибок

Тестирование работоспособности

В качестве тестирования работоспособности выбранного метода проведем следующее исследование: вытащим через API 10 прокси-серверов с готовыми прогнозами доступности и отправим на каждый прок-

си-сервер по 10 запросов в течение 10 минут и определим процент успешных запросов и среднее время получения ответа. Далее повторим тот же эксперимент, но уже для 10 прокси-серверов, которые были отобраны случайным образом, и после этого сравним результаты двух тестов. На момент начала исследования программа функционировала на протяжении 16 дней, чуть больше 2 недель, и в базе данных находилось около 685 тысяч прокси-серверов. Результаты отображены в таблице 6.

Таблица 6.

Результаты эксперимента

	Процент успешных запросов	Среднее время отклика
Прокси-сервера из API	84 %	3617 мс
Случайные прокси-сервера	0 %	—

Из таблицы 6 можно сделать вывод, что сервера, выбранные случайным образом не ответили ни разу, на самом деле такой результат был ожидаем, так как во время проведения исследования было установлено, что 98 % публичных прокси-серверов являются неработоспособными. Сервера со спрогнозированной работоспособностью оказались успешными на 84 %, более того, на первый запрос ответили все сервера без исключения.

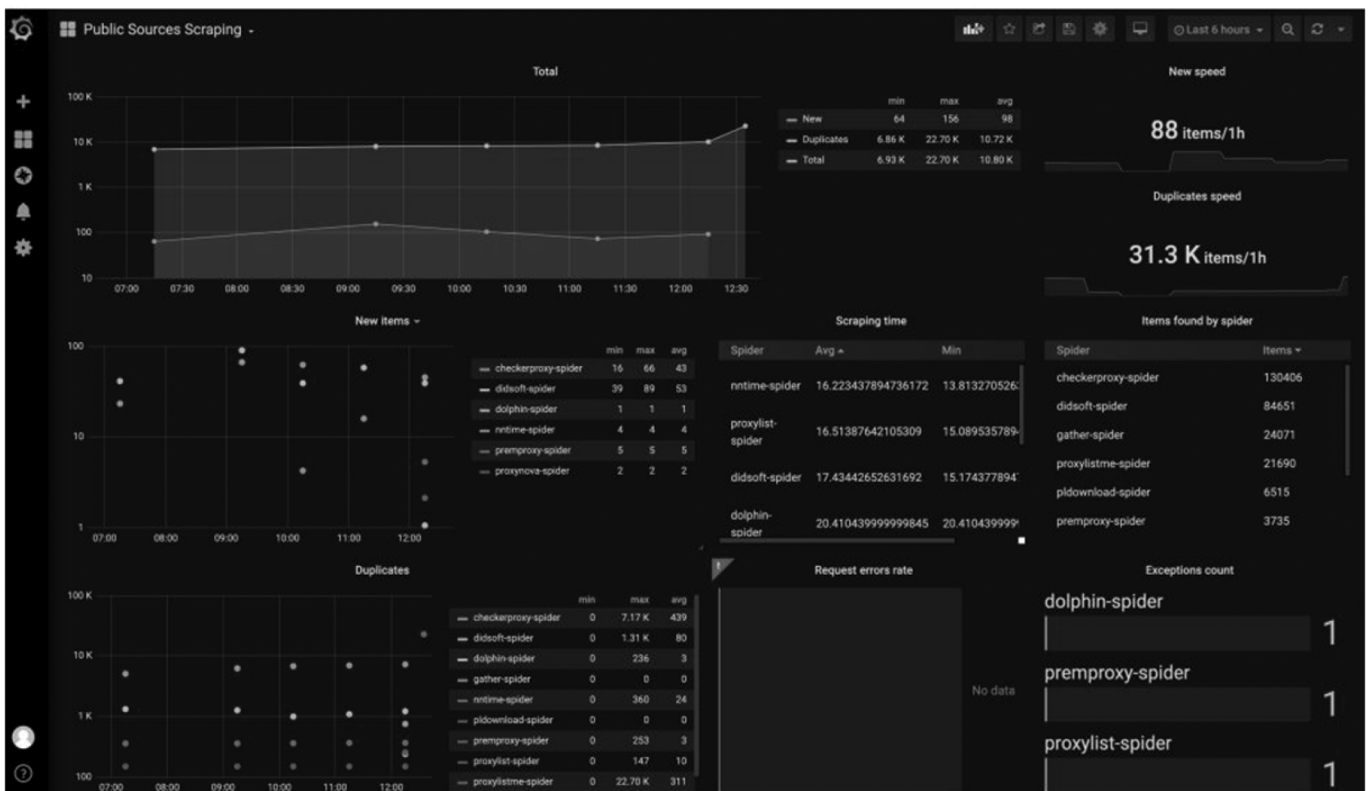


Рис. 10. Примеры отображения счётчиков и таблиц

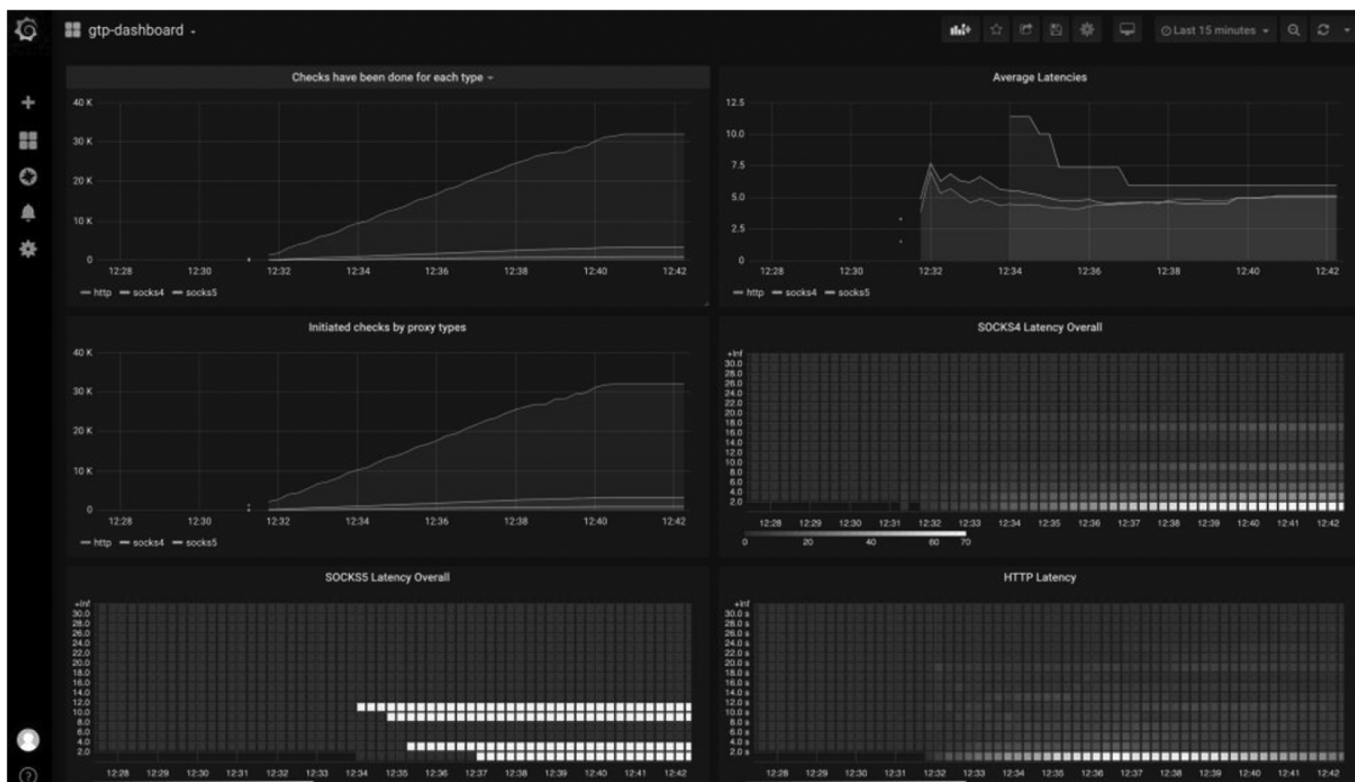


Рис. 11. Примеры отображения графиков и тепловых карт

Заключение

Использование публичных прокси-серверов является наиболее оптимальным среди всех рассмотренных ранее в данной работе, во многом благодаря бесплатного предоставления услуг и возможности сохранения анонимности пользователя, а также из-за простоты реализации. Но низкое качество предоставляемых услуг сильно сказывается на возможности их полноценного использования. Подход к решению данной проблемы требуют глубокого погружения и многочисленных исследований.

Среди готовых решений не было вариантов, которые могли бы в полной мере удовлетворить потребности

в повышении качества предоставляемых услуг, поэтому было решено приступить к разработке собственной программы, позволяющей без активного участия пользователя проверять и собирать информацию о доступности прокси-серверах из публичных ресурсов, анализировать их работоспособность и анализировать их доступность в ближайшем будущем. Используя отправку запроса на публичных веб-ресурс через прокси, можно было проверить работоспособность, опираясь на ответ или на задержку запроса. Для прогнозирования были проверены некоторые алгоритмы машинного обучения, а также задействовано экспоненциальное сглаживание.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cross Validation — метод оценки аналитической модели [Электронный ресурс] URL: https://scikit-learn.org/stable/modules/cross_validation.html (дата обращения 20.11.2023)
2. Scrapy — фреймворк для веб-краулинга [Электронный ресурс] URL: <https://scrapy.org/> (дата обращения 20.11.2023)
3. HTML — язык разметки гипертекста [Электронный ресурс] URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc1866> (дата обращения 20.11.2023)
4. js2py — библиотека трансляции JavaScript кода в Python код [Электронный ресурс] URL: <https://pypi.org/project/Js2Py/> (дата обращения 20.11.2023)
5. AMQP — открытый протокол обмена сообщениями между компонентами системы [Электронный ресурс] URL: <http://www.amqp.org/resources/download> (дата обращения 20.11.2023)
6. Base64 — стандарт кодирования двоичных данных [Электронный ресурс] URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc4648> (дата обращения 20.11.2023)
7. Celery — фреймворк для работы с очередью сообщений [Электронный ресурс] URL: <http://www.celeryproject.org/> (дата обращения 20.11.2023)
8. RabbitMQ — очередь сообщений [Электронный ресурс] URL: <https://www.rabbitmq.com/> (дата обращения 20.11.2023)
9. Twisted — событийно-ориентированный сетевой фреймворк [Электронный ресурс] URL: <https://twistedmatrix.com/trac/> (дата обращения 20.11.2023)
10. JSON — текстовый формат обмена данными [Электронный ресурс] URL: <https://www.json.org/json-ru.html> (дата обращения 20.11.2023)
11. Prometheus — система мониторинга [Электронный ресурс] URL: <https://prometheus.io/> (дата обращения 20.11.2023)
12. Grafana — система визуализации результатов мониторинга [Электронный ресурс] URL: <https://grafana.com/grafana/> (дата обращения 20.11.2023)

© Русаков Алексей Михайлович (rusal@bk.ru); Дерюгин Михаил Геннадьевич (UStStation@yandex.ru);
Никонов Вячеслав Викторович (nikonov_v@mirea.ru); Симонова Мария Алексеевна (simonova_maria_al@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ КООПЕРАТИВНЫХ ИГР ДЛЯ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМЫ

APPLICATION OF COOPERATIVE GAME THEORY TO ASSESS SYSTEM SECURITY

L. Stepanov
A. Salnikova

Summary. System security issues are one of the priorities. To solve it, various measures can be applied that partially or completely neutralize the negative impact (destructive activity) on the system. The publication proposes to apply the theory of cooperative games and the Shapley vector to find the optimal combination of security measures and in relation to destructive activities. The publication examines the main issues of security and introduces the concept of destructive activity, as it summarizes the various types and sources of negative impact on the security of the system. Due to the fact that the neutralization of destructive activity cannot be carried out using only one event, it justifies the application of the theory of cooperative games and the Shapley vector to determine the optimal coalition of activities. A numerical example of the application of the Shapley vector to the problem of safety assessment is considered.

Keywords: system, security, threat, destructive activity, security measures, attacker, theories of cooperative games, Shapley vector.

Степанов Леонид Викторович

Доктор технических наук, профессор, доцент,
Федеральное казенное образовательное учреждение
высшего образования Воронежский институт ФСИИ
России, Воронеж
StepanovLV@yandex.ru

Сальникова Анастасия Юрьевна

Адъюнкт, Федеральное казенное образовательное
учреждение высшего образования Воронежский
институт ФСИИ России, Воронеж
salnikova.nastya1999@yandex.ru

Аннотация. Вопросы безопасности систем являются одной из приоритетных задач. Для ее решения могут применяться различные мероприятия, которые частично или полностью нейтрализуют отрицательное влияние (деструктивную деятельность) на систему. В публикации предлагается применить теорию кооперативных игр и вектор Шепли для нахождения оптимального сочетания мероприятий по обеспечению безопасности и по отношению к деструктивной деятельности. В публикации рассмотрены основные вопросы обеспечения безопасности и введено понятие деструктивной деятельности, так как оно обобщает различные виды и источники негативного влияния на безопасность системы. В силу того, что нейтрализация деструктивной деятельности не может быть осуществлена с использованием только одного мероприятия, обосновывает применение теории кооперативных игр и вектора Шепли для определения оптимальной коалиции мероприятий. Рассмотрен числовой пример применения вектора Шепли к задаче оценки безопасности.

Ключевые слова: система, безопасность, угроза, деструктивная деятельность, мероприятия по обеспечению безопасности, злоумышленник, теории кооперативных игр, вектор Шепли.

Безопасность является комплексным понятием, которое требует разнообразных мероприятий и воздействий для защиты от угроз и обеспечения безопасности в различных областях деятельности и ситуациях. Эффективные мероприятия по обеспечению безопасности могут включать комбинацию технических, организационных и правовых мер, а также обучение персонала и постоянное обновление систем безопасности в соответствии с развивающимися угрозами. В современных условиях проблема выявления и нейтрализации деструктивной деятельности является приоритетной задачей.

Например, безопасность в сетях ЭВМ является важной составляющей, особенно во время цифровых технологий. Мероприятия по обеспечению безопасности в сети включают в себя защиту сетей и систем от хакерских атак, вирусов и вредоносного программного обеспечения с помощью различных технических средств,

и программ. Для получения доступа к передаваемой по каналам связи информации, проводится мониторинг каналов системы электросвязи, относящийся к пассивным или нейтральным видам деятельности в информационном пространстве [1].

Целью данной публикации является анализ возможности применения теории кооперативных игр и, в частности, вектора Шепли для нахождения сочетания мероприятий по обеспечению безопасности (МпОБ) для противодействия деструктивной деятельности (ДД).

Введем понятие деструктивная деятельность (ДД) — планируемое и (или) практически реализуемое воздействие на уровень безопасности системы (охраняемый объект) с целью понижения этого уровня и (или) создания условий для такого понижения [2].

Источником ДД могут быть внешние и внутренние по отношению к системе злоумышленники или неумыш-

ленные действия (или бездействие) персонала. ДД злоумышленников может привести к различным неблагоприятным последствиям для охраняемого объекта. Она включает в себя угрозы физических повреждений людей, ущерб материальных ценностей, насилие, контрабанду запрещенных предметов и наркотиков, а также другие формы правонарушений. В связи с тем, что ДД может носить непреднамеренный характер, ее источником может быть персонал предприятия (организации, фирмы, учреждения). Данная категория ДД включает в себя такие непреднамеренные действия, как ошибки в работе или недобросовестное выполнение служебных обязанностей. Такие ДД могут привести к нарушению безопасности объекта, утечке конфиденциальной информации или несанкционированному доступу к системам. Для предотвращения этих последствий необходимо регулярно проводить обучение персонала, усиливать контроль над доступом к информации и применять технические средства защиты. Важно также разрабатывать и регулярно обновлять политику безопасности организации, чтобы персонал был осведомлен о возможных опасностях и знал, как справиться с ними.

К ним относятся, в первую очередь, организационно-правовые меры, такие как разработка и применение нормативных актов, регулирующих порядок деятельности в рассматриваемой системе. Кроме организационно-правовых мер, для нейтрализации ДД могут применяться программные и инженерно-технические мероприятия. К ним относят, разработку и применение специализированного программного обеспечения, которая позволяет производить контроль и управление системой безопасности, а также автоматизировать процессы обнаружения и реагирования на возможные нарушения. Инженерно-технические мероприятия, в свою очередь, включают в себя применение специального оборудования, систем видеонаблюдения, контроля доступа и других технических средств, которые способствуют выявлению и предотвращению угроз безопасности.

Сочетание различных мероприятий по обеспечению безопасности позволяет создать комплексную систему защиты, которая обеспечит надежную защиту объекта и его сотрудников от возможных угроз и рисков. Однако, важно отметить, что эффективность такой системы будет зависеть от правильного выбора и применения мер, а также от оценки и учета специфики конкретного объекта и его потенциальных уязвимостей [2].

Теория Шепли имеет глубокие математические основы и не требует обширных вычислительных ресурсов для проведения точных расчетов. В целом, эта теория позволяет объективно определить разделение выигрышей в коалиционных играх и способствует достижению более справедливых и эффективных результатов [3].

Метод Шепли активно используется в экономике для определения структуры распределения прибыли между участниками компаний или владельцами акций. Кроме того, метод Шепли находит применение в политологии при определении влияния различных партий или групп интересов в политических системах. Также метод Шепли имеет широкое применение в логистике и транспортировке, когда необходимо распределить грузы между различными транспортными средствами или маршрутами с учетом вклада каждого транспортного узла. Он также может быть использован для анализа коалиционных игр и принятия справедливых долей при решении международных конфликтов или проблем разделения территории.

Таким образом, метод Шепли является мощным инструментом для решения задач, требующих справедливого распределения ресурсов и учета вклада каждого участника [4, 5]. Его применение позволяет достичь сбалансированных и устойчивых решений в самых различных ситуациях. Кроме того, актуальность исследования метода Шепли состоит в том, что в открытой печати недостаточно встречается его применений в сферах обеспечения безопасности.

Так как понятие безопасности носит системный характер (ДД и МпОБ формируют систему), введем следующую формализацию МпОБ и ДД:

$$M = \{m_1; m_2; m_3; \dots; m_i; \dots; m_n\},$$

$$DD = \{d_1; d_2; d_3; \dots; d_j; \dots; d_k\}$$
(1)

где m_i — i -тое МпОБ; $i = \overline{1, n}$; n — количество МпОБ, d_j — j -тое ДД; $j = \overline{1, k}$; k — количество деструктивных воздействий.

Каждое МпОБ представляет собой совокупность практических действий (ПД) по обеспечению безопасности:

$$m_i = \{p_{i1}; p_{i2}; p_{i3}; \dots; p_{if}; \dots; p_{it_i}\}$$
(2)

где $f = \overline{1, t_i}$; t_i — количество практических действий для i -того МпОБ.

Таким образом в графической форме МпОБ можно представить в виде (см. рисунок 1).

Следовательно, нужно найти такое сочетание МпОБ из (1) для каждого ДД из DD, чтобы обеспечивалась максимизация эффективности нейтрализации ДД. Для этой цели предлагается использовать вектор Шепли [3, 6]:

$$x_i(V) = \sum_{S \ni i} \frac{(|S| - 1)!(n - |S|)!}{n!} (V(S) - V(S \setminus \{i\})),$$
(3)

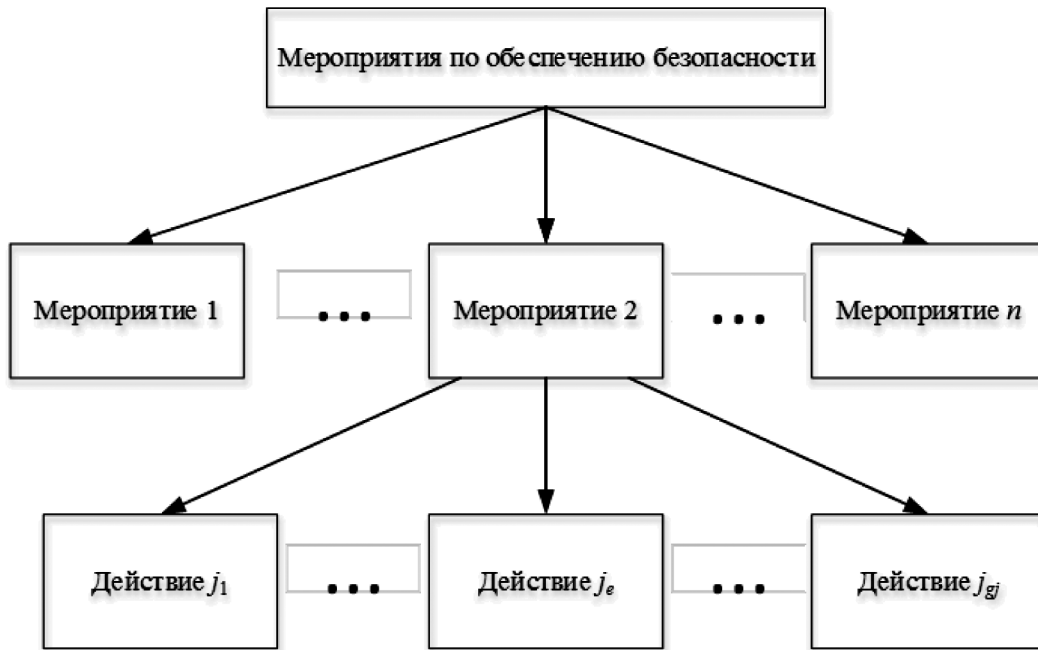


Рис. 1. Мероприятия по обеспечению безопасности

где $i = 1, 2, \dots, n$; X — дележ; S — количество игроков; n — количество участников дележа.

Основные результаты

Рассмотрим возможность достижения поставленной цели на примере. Пусть есть некоторая ДД, негативно влияющая на режим безопасности системы и есть три МпОБ, которые могут нейтрализовать данную ДД и формируются на основе пяти ПД:

$$M = \{m_1; m_2; m_3\}, m_i = \{p_{i1}; p_{i2}; p_{i3}; p_{i4}; p_{i5}\}. \quad (4)$$

Каждое из МпОБ состоит из определенных ПД, эффективность которых экспертно оценена в диапазоне от 0 до 100 (см. таблицу 1).

Таблица 1.

Экспертная оценка эффективности ПД по отношению к ДД

Практическое действие	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	Суммарная эффективность
Экспертная оценка	15	25	15	10	20	85

Следует обратить внимание, что ни одно отдельное ПД не имеет высокой эффективностью по отношению ДД и суммарная эффективность менее 100. Таким образом, возникает необходимость поиска сочетания МпОБ из (4).

В реальных условиях может возникать вопрос целесообразности реализации повторяющихся действий в составе различных МпОБ, а также рассмотрим случай синергетического эффекта ПД в коалициях МпОБ. Бу-

дем полагать, что синергетический эффект равен 10 при $\{p_1; p_2\}$, $\{p_1; p_3\}$ и $\{p_3; p_4\}$.

Тогда для множества МпОБ (4) получим оценки эффективности, представленные в таблице 2. Здесь m_2 и m_3 получают синергию, так как содержат действия $\{p_1; p_3\}$ и $\{p_1; p_2\}$ соответственно.

Таблица 2.

Оценка эффективности МпОБ по отношению к ДД в случае не повторяемости ПД и синергетического эффекта

	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	Эффективность МпОБ
m_1	15	0	0	10	20	45
m_2	15	0	15	0	20	60
m_3	15	25	0	10	20	80

Следует отметить, суммарная оценка эффективности МпОБ может быть более 100, что будет указывать на избыточность МпОБ к ДД.

В соответствии с теорией кооперативных игр могут быть сформированы коалиции, для каждой из которых значение характеристической функции предлагается определить арифметическим суммированием оценок эффективности ПД и эффективностей МпОБ (см. таблицу 3). Однако, для этой цели могут быть применены и другие способы вычисления V .

Тогда, на основе таблицы 3 могут быть определены значения компонентов вектора Шепли:

Таблица 3.

Характеристическая функция вектора Шепли

V	{m ₁ }	{m ₂ }	{m ₃ }	{m ₁ ;m ₂ }	{m ₂ ;m ₃ }	{m ₁ ;m ₃ }	{m ₁ ;m ₂ ;m ₃ }
V	45	60	80	105	140	125	185

1. для коалиции: {m₁;m₂;m₃}:

$$X_1 = \frac{(1-1)!(3-1)!}{3!}(45-0) + \frac{(2-1)!(3-2)!}{3!}(105-60) + \frac{(2-1)!(3-2)!}{3!}(125-80) + \frac{(3-1)!(3-3)!}{3!}(185-140) = 45$$

$$X_2 = \frac{(1-1)!(3-1)!}{3!}(60-0) + \frac{(2-1)!(3-2)!}{3!}(105-45) + \frac{(2-1)!(3-2)!}{3!}(140-80) + \frac{(3-1)!(3-3)!}{3!}(185-125) = 60$$

$$X_3 = \frac{(1-1)!(3-1)!}{3!}(80-0) + \frac{(2-1)!(3-2)!}{3!}(125-45) + \frac{(2-1)!(3-2)!}{3!}(140-60) + \frac{(3-1)!(3-3)!}{3!}(185-105) = 79,98$$

2. для коалиции: {m₁;m₂}:

$$X_1 = \frac{(1-1)!(2-1)!}{2!}(45-0) + \frac{(2-1)!(2-2)!}{2!}(105-60) = 45$$

$$X_2 = \frac{(1-1)!(2-1)!}{2!}(60-0) + \frac{(2-1)!(2-2)!}{2!}(105-45) = 60$$

3. для коалиции: {m₂;m₃}:

$$X_2 = \frac{(1-1)!(2-1)!}{2!}(60-0) + \frac{(2-1)!(2-2)!}{2!}(140-80) = 60$$

$$X_3 = \frac{(1-1)!(2-1)!}{2!}(80-0) + \frac{(2-1)!(2-2)!}{2!}(140-60) = 80$$

4. для коалиции: {m₁;m₃}:

$$X_1 = \frac{(1-1)!(2-1)!}{2!}(45-0) + \frac{(2-1)!(2-2)!}{2!}(125-80) = 45$$

$$X_3 = \frac{(1-1)!(2-1)!}{2!}(80-0) + \frac{(2-1)!(2-2)!}{2!}(125-45) = 80$$

Так как по постановке задачи требуется максимизировать эффективность МпОБ, для выбора коалиции предлагается использовать условие:

$$X_{S(i)} > X_i(V), \tag{5}$$

а эффективность коалиции определить, как:

$$E_s = \sum_{i=1}^{|S|} X_i \tag{6}$$

В силу того, что теория кооперативных игр отличается высокой гибкостью, в качестве дополнительного условия выбора коалиции введем трудозатратность реализации всех ПД (см. таблицу 4).

Таблица 4.

Суммарное значение эффективности для коалиций

	m ₁ ;m ₂	m ₂ ;m ₃	m ₁ ;m ₃	m ₁ ;m ₂ ;m ₃
Эффективность коалиций	105	140	125	184,98
Практические действия	p ₁ ;p ₃ ;p ₄ ;p ₅	p ₁ ;p ₂ ;p ₃ ;p ₄ ;p ₅	p ₁ ;p ₂ ;p ₄ ;p ₅	p ₁ ;p ₂ ;p ₃ ;p ₄ ;p ₅

Исходя из исходных ограничений необходимо выбрать коалицию: {m₁;m₃}. Она имеет максимальное значение E_s и не предполагает выполнения всех ПД. Аналогично можно определить сочетание МпОБ для всех ДД.

Заключение

Теория кооперативных игр и вектор Шепли могут быть использованы для оценки уровня безопасности системы, а их возможности позволяют:

1. не только для определить справедливый дележ между участниками коалиции, но и выбрать оптимальную;
2. учесть различные условия формирования коалиций (повторяемость или не повторяемость ПД);
3. использовать разнообразные варианты расчета значений характеристической функции для ПД и МпОБ, а также учесть специфические условия формирования коалиций;

4. учесть различные критерии поиска оптимальной коалиции (максимизация эффективности МпОБ,

трудозатратность ПД, минимизация избыточности МпОБ по отношению к ДД).

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранова, Е.К. Информационная безопасность и защита информации: учебное пособие / Е.К. Баранова, А.В. Бабаш. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва: РИОР: ИНФРА-М, 2022. — 336 с.
2. Степанов Л.В. Подход к выявлению деструктивной деятельности в учреждениях пенитенциарной системы / Степанов Л.В., Сальникова А.Ю. // Математические методы и информационные технологии в моделировании систем: материалы VII Всероссийской (национальной) научно-практической конференции [Текст] / редкол.: Н.В. Боковая [и др.]; Воронежский филиал РЭУ имени Г. В. Плеханова. Воронеж: Издательство «Научная книга», 2023. — С. 68–73
3. Наумова, Н.И. Вектор Шепли и его обобщения: Учебное пособие / Н.И. Наумова. — Санкт-Петербург: ООО «Издательство ВВМ», 2017. — 60 с.
4. Сигал, А.В. Теория игр и ее экономические приложения: учебное пособие / А.В. Сигал. — Москва: ИНФРА-М, 2024. — 418 с.
5. Степанов Л.В. Практические аспекты применения теории игр к оценке безопасности системы / Л.В. Степанов, А.С. Кольцов, А.В. Паринов, Д.В. Паринов, Б.А. Соловьев // Моделирование, оптимизация и информационные технологии, № 4(27), 2019. — С.46–47
6. Теория игр. Примеры и задачи: учебное пособие / В.П. Невежин. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2024. — 128 с.

© Степанов Леонид Викторович (StepanovLV@yandex.ru); Сальникова Анастасия Юрьевна (salnikova.nastya1999@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

БЕЗДАТЧИКОВЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГИБРИДНОГО ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

SENSORLESS METHODS FOR DETERMINING THE MECHANICAL PARAMETERS OF A HYBRID STEPPER MOTOR

A. Ulyashev
A. Startsev
A. Kudelin

Summary. In this paper, a scientific review of the literature on the subject of sensorless determination of the mechanical parameters of a stepper motor is made. The methods presented in these works can be divided into two groups according to the method of determining the mechanical parameters: by measuring the back-EMF and by using the Kalman filter. The methods were analyzed, their advantages and disadvantages were determined, and the possibility of detecting the phenomenon of skipping steps was revealed. The literature review showed that there is no universal method capable of determining all the mechanical parameters of a stepper motor, including when the motor is running with accelerations.

Keywords: stepper motor, mathematical model, Kalman filter, sensorless control.

Уляшев Артём Евгеньевич

Аспирант, Ухтинский государственный
технический университет
artem.ulyashev@gmail.com

Старцев Андрей Эврикович

К. т. н., доцент, Ухтинский государственный
технический университет
astarcev@ugtu.net

Куделин Артём Георгиевич

К. т. н., доцент, Ухтинский государственный
технический университет
akudelin@ugtu.net

Аннотация. В данной работе произведен научный обзор литературных источников, посвященных тематике бездатчикового определения механических параметров шагового двигателя. Методы, представленные в этих работах, можно разделить на две группы по способу определения механических параметров: по измерению противо-ЭДС и применения фильтра Кальмана. В работе используется такой научный метод, как литературный обзор. Произведен анализ бездатчиковых методов, определены их преимущества и недостатки, а также выявлена возможность детектирования явления пропуска шагов. Литературный обзор показал, что отсутствует универсальный метод, способный определять все механические параметры шагового двигателя, в том числе при работе двигателя с ускорениями.

Ключевые слова: шаговый двигатель, математическая модель, фильтр Кальмана, бездатчиковое управление.

Введение

Управление гибридными шаговыми двигателями в системах без обратной связи по положению вала имеет низкие динамические показатели, низкое отношение момента к мощности двигателя, пульсации момента сопротивления и резонанс [1]. При этом шаговые двигатели применяются в задачах позиционирования, которые требуют высоких динамических показателей. Использование шаговых двигателей в более требовательных приложениях осуществляется за счет управления с обратной связью [2]. Обратная связь по положению возможна за счет механических угловых датчиков — энкодеров, которые увеличивают стоимость и размеры системы позиционирования. Работоспособность и точность датчиков зависят от внешних условий окружающей среды (температура, влажность и давление), а также датчики требуют точной юстировки с валом шагового двигателя [1].

Исключение энкодеров из системы позиционирования осуществляется за счет использования методов бездатчикового определения механических параметров

двигателя. К механическим параметрам шагового двигателя относятся угловая скорость вращения вала и его угловое положение, а также крутящий момент двигателя и момент сопротивления на его валу. Бездатчиковые методы основаны на косвенном вычислении механических параметров по электрическим (сила тока, напряжение, противо-ЭДС, изменение индуктивности обмоток).

Литературный поиск был выполнен по работам, опубликованным с 90-х годов 20 века. Выполнен литературный поиск в отечественных изданиях и сервисах, таких как: eLibrary (URL: <https://elibrary.ru>), «Российская государственная библиотека» (URL: <https://www.rsl.ru>) и Scholar (URL: <http://www.scholar.ru>). В отечественных научных базах не было найдено работ по тематике бездатчикового определения механических параметров шагового двигателя. Выполнен литературный поиск в иностранных базах научной периодики, таких как: IEEE (URL: <https://www.ieee.org>), Science Direct (URL: <https://www.sciencedirect.com>), Research Gate (URL: <https://www.researchgate.net>) и Science Research (URL: <https://www.scienceresearch.com>). В результате поиска было найдено 5 работ, посвященных тематике данного литературного обзора.

Наиболее известные методы основаны на определении положения с помощью измерения значений противо-ЭДС в обмотках статора [3]. Главным недостатком этих методов является зависимость противо-ЭДС от скорости вращения вала. Так, на низких скоростях вращения, амплитудное значение противо-ЭДС не может быть точно измерено. Еще одним недостатком является невозможность прямого измерения данной величины, так как в обмотках двигателя дополнительно присутствует управляющее напряжение.

С развитием цифровых технологий и увеличением вычислительной мощности микроконтроллеров наиболее актуальным становится метод определения механических параметров двигателя на основе фильтра Кальмана [4, 5, 6]. Наиболее сложным в использовании фильтра Кальмана является выбор ковариационной матрицы, так как в литературе неизвестны правила выбора данной матрицы. Главными недостатками фильтра Кальмана являются большие вычислительные затраты и работа только с линейными моделями. В результате этого уравнения математической модели шагового двигателя подвергаются предварительной линеаризации.

Бездатчиковые методы определения механических параметров шагового двигателя

Значительную часть бездатчиковых методов можно разделить на две группы по способу определения механических параметров: по измерению значений противо-ЭДС, возникающей в обмотках двигателя при вращении вала, и по измерению силы тока.

Преимуществом первой группы методов является непосредственное выражение угловой скорости и положения из значений противо-ЭДС, которая определяется из математической модели двухфазного гибридного шагового двигателя [2] следующим образом:

$$\varepsilon_a = -K_m \cdot \omega \cdot \sin(p \cdot \theta),$$

$$\varepsilon_b = K_m \cdot \omega \cdot \cos(p \cdot \theta),$$

где ε_a — противо-ЭДС фазы А, ε_b — противо-ЭДС фазы В, K_m — постоянная двигателя, ω — угловая скорость вращения вала, p — число пар полюсов ротора и θ — угловое положение вала двигателя.

Угловое положение θ из значений противо-ЭДС определяется следующим образом:

$$\theta = \frac{1}{p} \cdot \arctan\left(\frac{-\varepsilon_a}{\varepsilon_b}\right).$$

В работе [3] применяется данный метод определения углового положения вала с низкочастотной фильтрацией напряжения в обмотках для выделения из всего

спектра значений противо-ЭДС. В данной работе получена формула определения углового положения вала, которая дополнительно учитывает сдвиг фазы углового положения из-за применения НЧ фильтра:

$$\theta = \arctan\left(\frac{-V_{filta}}{V_{filtb}}\right) + \arctan\left(\frac{p \cdot \omega_d \cdot L}{R}\right).$$

Недостатками данного метода являются зависимость амплитуды противо-ЭДС от угловой скорости вращения вала, возможность использования метода только при постоянных скоростях вращения вала и отсутствие учета возможного изменения значений индуктивности L и сопротивления R обмоток статора из-за нагрева двигателя. Так же в работе не было проведено экспериментов по определению явления пропуска шагов, которое является существенным при использовании шагового двигателя без угловых датчиков. При этом данный метод рассчитан на работу только с постоянной скоростью вращения вала, которая не требует использования датчиков обратной связи.

Вторая группа методов определения механических параметров шагового двигателя базируется на измерении силы тока в обмотках статора. В работах [4, 5, 6] на основе измеренных значений силы тока производится определение скорости и углового положения с помощью алгоритма фильтра Кальмана.

Математическая модель гибридного шагового двигателя представляет из себя систему 4-х нелинейных дифференциальных уравнений [2], которая включает в себя 4 неизвестных параметра: сила тока фазы А, сила тока фазы В, угловая скорость и угловое положение. 4 неизвестных параметра формируют вектор состояния системы $x = [i_a, i_b, \omega, \theta]^T$.

Система дифференциальных уравнений для исключения нелинейных членов подвергается преобразованию Парка, которое предназначено для изменения системы координат токов из неподвижной во вращающуюся систему, которая ориентированна по вектору потокоцепления ротора. Токи статора преобразуются к системе постоянного тока следующим образом:

$$i_d = i_a \cdot \cos(p \cdot \theta) + i_b \cdot \sin(p \cdot \theta),$$

$$i_q = -i_a \cdot \sin(p \cdot \theta) + i_b \cdot \cos(p \cdot \theta),$$

где i_d — прямое значение силы тока и i_q — квадратурное значение силы тока.

После линеаризации системы уравнений применяют алгоритм фильтра Кальмана. Алгоритм фильтра Кальмана работает итеративно: на каждом шаге используются данные с датчиков тока (с шумом измерения), значение

вектора состояния системы на предыдущем шаге и по этим данным оценивается состояние системы на текущем шаге итерации. Так же алгоритм способен рассчитывать на каждом шаге разброс значений каждой переменной вектора состояния [4, 5, 6].

Дискретная линейная система состояния шагового двигателя выглядит следующим образом:

$$x_{k+1}^- = F \cdot x_k + B \cdot U_k,$$

$$y_k = H \cdot x_k + v_k,$$

где x_{k+1}^- — предсказание состояния системы в текущий момент времени, F — матрица динамической модели системы, x_k — вектор состояния системы в предыдущий момент времени, B — матрица управляющих воздействий, U_k — вектор управляющих напряжений, y_k — вектор измерений (содержит значения силы тока в обмотках статора), $H \cdot x_k$ — модель, которая связывает вектор состояния и измеряемые параметры и v_k — шум измерений (предполагается, что он имеет нормальное распределение).

После фазы предсказаний происходит корректировка вектора состояния. Рассчитывается матрица усиления Кальмана:

$$K_k = P_{k+1}^- \cdot H^T \cdot (H \cdot P_{k+1}^- \cdot H^T + v_k)^{-1},$$

где K_k — матрица усиления Кальмана, P_{k+1}^- — предсказание ошибки ковариации. Затем происходит обновление оценки вектора состояний с учетом измеренных значений силы тока:

$$x_{k+1} = x_{k+1}^- + K_k \cdot (y_k - H \cdot x_{k+1}^-).$$

Конечным действием является обновление ошибки ковариации:

$$P_{k+1} = P_{k+1}^- - K_k \cdot H \cdot P_{k+1}^-.$$

В работах [4, 5, 6] применяется данный алгоритм для вычисления механических параметров шагового двигателя. Его преимуществом является возможность определения скорости и углового положения по измеренным значениям силы тока, работа при ускорениях вала и возможность определения крутящего момента двигателя.

В работах [4, 5] элементы матрицы усиления Кальмана рассчитываются заранее и далее считаются постоянными. Это сокращает вычислительные затраты, но при этом не учитывает возможное изменение индуктивности L и сопротивления обмоток статора R , от которых зависят значения элементов матрицы усиления Кальмана K_k .

В работе [4] максимальная ошибка в определении углового положения с помощью фильтра Кальмана составила 10 градусов. В работе [5] максимальная ошибка углового положения составила 11,5 градусов. Большая погрешность является самым главным недостатком методов, основанных на алгоритме фильтра Кальмана.

В работе [5] дополнительно с определением угловой скорости и углового положения определяют внешний момент сопротивления на валу. Экспериментальная проверка определения момента сопротивления в работе отсутствует, предоставлены только результаты математического моделирования.

В работе [6] матрица усиления Кальмана рассчитывается каждую итерацию. Так же в работе проведены исследования влияния изменений в величинах индуктивности L и сопротивления обмоток статора R на точность разработанного метода. В ходе данного исследования значения сопротивления и индуктивности изменялись на $\pm 10\%$ от номинального. Наиболее сильное влияние на точность оказывает изменение сопротивления обмоток статора R . Экспериментальная проверка метода в данной работе отсутствует, предоставлены только результаты математического моделирования. Данный метод имеет большую погрешность в определении углового положения в 10 градусов.

Отдельно следует выделить работу [7], в которой используются значения как противо-ЭДС, так и силы тока в обмотках статора для определения крутящего момента и момента сопротивления на валу двигателя. Полученный в данной работе метод не позволяет определять угловое положение и скорость. Главным недостатком данного метода является использование в алгоритме значений противо-ЭДС, которая, как в случае с методом [3], имеет скоростную зависимость.

Сравнение бездатчиковых методов

Выполним сравнение рассмотренных методов по следующим критериям: возможность определения углового положения и скорости, возможность определения крутящего момента и момента сопротивления на валу, проверка работоспособности метода при ускорениях вала, проверка метода при явлении пропуска шагов и экспериментальная проверка метода. Поместим результаты сравнения в таблице. Знаком «+» обозначим критерии, которые исследованы в соответствующей работе. Знаком «-» обозначим те критерии, которые точно не способен удовлетворить соответствующий метод, а буквами «н/д» обозначим критерии, о которых в работе нет информации.

Сравнение методов бездатчикового управления

Название статьи	Определение положения и скорости	Определение крутящего момента	Работа метода при ускорениях вала	Проверка метода при пропуске шагов	Экспериментальная проверка метода
«Steady state Kalman filtering for sensorless control of hybrid stepper motors»	+	н/д	н/д	—	—
«Sensorless control of hybrid stepper motor»	+	+	+	—	+
«Sensorless load angle control for two-phase hybrid stepper motors»	—	+	н/д	—	+
«Sensorless speed and position estimation in a stepper motor»	+	н/д	н/д	—	—
«Processing back EMF signals of hybrid step motors»	+	—	—	—	+

Заключение

В результате проведенного литературного обзора по тематике бездатчикового определения механических параметров шагового двигателя можно сделать следующие выводы:

1. точность и работоспособность методов на основе измерения противо-ЭДС [3, 7] имеют зависимость от скорости вращения вала и не способны работать на низких скоростях вращения;
2. методы на основе алгоритма фильтра Кальмана [4, 5, 6] имеют большую погрешность в несколько градусов;
3. ни в одной из рассмотренных работ не было проведено исследования по работоспособности ме-

тода при явлении пропуска шагов, которое возникает при работе вала с переменной нагрузкой, при ускорениях и при проблемах с источником питания драйвера;

4. отсутствует универсальный метод, который позволяет определять все механические параметры гибридного шагового двигателя, в том числе при работе вала с ускорениями.

В связи с выявленными недостатками, рассмотренных в различных работах, разработка универсального бездатчикового метода определения механических параметров остается актуальной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кенио, Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления / Т. Кенио. — М.: Энергоатомиздат, 1987. 200 с.
2. Chirila, A. On the model of a Hybrid Stepper Motor / A. Chirila, I. Deaconu, V. Navrapescu, M. Albu. In: Proc IEEE international conference on industrial electronics, 2008. P. 496–501.
3. Lotthus R.M., Schweld S.A., McInroy J.E., Ota Y. Processing back EMF signals of hybrid step motors // Control engineering practice. — 1995. — Vol.3. Issue.1. — P.1–10.
4. Persson J., Perriard Y. Steady state Kalman filtering for sensorless control of hybrid stepper motors // IEEE International Electric Machines and Drives Conference. — 2003. — Vol.2. — P.1174–1177.
5. Bendjedia M., Ait-Amirat Y., Walther B., Berthon A. Sensorless control of hybrid stepper motor // European conference on Power Electronics and Applications. — 2007. — P.1–10.
6. Ferrah A., Bani-Younes J.A.K., Bouzguenda M., Tami A. Sensorless speed and position estimation in a stepper motor // International Aegean Conference on Electrical Machines and Power Electronics. — 2007. — P.297–302.
7. Derammelaere S., Vervisch B., De Viaene J., Stockman K. Sensorless load angle control for two-phase hybrid stepper motors // Mechatronics. — 2017. — Vol.43. — P.6–17.

© Уляшев Артём Евгеньевич (artem.ulyashev@gmail.com); Старцев Андрей Эврикович (astarcev@ugtu.net);

Куделин Артём Георгиевич (akudelin@ugtu.net)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И КОНТРОЛЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ ОНЛАЙН-ПРОЕКТА

THE USE OF MATHEMATICAL MODELING IN THE DESIGN AND CONTROL OF THE VIRTUAL ECONOMY OF AN ONLINE PROJECT

**M. Figurov
B. Mishchuk**

Summary. The virtual gaming economy is a complex and multifaceted system that has great potential for development and innovation in the gaming industry. It allows players to be maximally involved in the game world, develop and increase their virtual capital, influence pricing within the game and even earn real money. However, at the design stage of the virtual economy, there is a risk of uncontrolled inflation in the future, as well as a number of vulnerabilities that possibly open up ways for fraud and strong inequality among the players. In order to avoid the collapse of the economy within the game, game developers must carefully consider the mechanisms of the virtual economy and ensure maximum stability and fairness of the game balance for all players.

This article discusses the use of mathematical modeling in the design of a virtual economy in a multiplayer online project under development.

Based on the results of the study, a controlled price calculation system for in-game items was developed, and a conclusion was made about its effectiveness within the framework of the virtual economy system being developed.

Keywords: virtual economy, economic models, mathematical optimization, mathematical expectation, artificial intelligence.

Введение

Рlayer-driven виртуальная экономика — это экономическая система в онлайн-играх, где игроки имеют возможность напрямую влиять на ее развитие и функционирование, совершая те или иные действия внутри игры. В отличие от традиционных игровых экономик, где разработчики контролируют все аспекты, в player-driven экономике игроки могут производить, потреблять, торговать и обмениваться различными предметами и услугами. Player-driven виртуальная экономика является основополагающей любого современного онлайн-проекта и имеет значительное влияние на игровую индустрию. Она создает новые возможности для развития бизнеса внутри игровых миров, так дает возможность игрокам самостоятельно создавать и продавать виртуальные товары и услуги.

Фигуров Максим Олегович

Аспирант,

Балтийский федеральный университет им. И. Канта
impromaximus@gmail.com

Мищук Богдан Ростиславович

Канд. физ. мат. наук, доцент,

Балтийский федеральный университет им. И. Канта
b.mishchuk@yandex

Аннотация. Виртуальная игровая экономика является комплексной и многогранной системой, которая имеет огромный потенциал для развития и инноваций в сфере игровой индустрии. Она позволяет игрокам быть максимально вовлеченными в игровой мир, развиваться и наращивать свой виртуальный капитал, влиять на ценообразование внутри игры и даже зарабатывать реальные деньги. Однако, уже на стадии проектирования виртуальной экономики возможен риск получить в будущем неконтролируемый рост инфляции, а также ряд уязвимостей, открывающих пути для мошенничества и сильного неравенства среди игроков. Поэтому, чтобы избежать краха экономики внутри игры, разработчики должны тщательно продумать механизмы виртуальной экономики и обеспечить максимальную стабильность и справедливость игрового баланса для всех игроков.

В данной статье рассмотрен вопрос использования математического моделирования при проектировании виртуальной экономики в мультиплеерном онлайн-проекте, находящемся на стадии разработки.

По результатам проведенного исследования разработана контролируемая система расчета цены для внутриигровых предметов, а также сделан вывод об её эффективности в рамках разрабатываемой системы виртуальной экономики.

Ключевые слова: виртуальная экономика, экономические модели, математическая оптимизация, математическое ожидание, искусственный интеллект.

При проектировании player-driven виртуальной экономики используются различные методы математического моделирования, которые позволяют разработчикам анализировать и оптимизировать экономическую систему, предсказывать поведение игроков и создавать сбалансированные и интересные игровые миры. Математическое моделирование помогает в расчетах цен внутриигровых сущностей с учетом всех сопутствующих особенностей, таких как, например, доступность ресурсов, их ценность, актуальный спрос и предложение на них. чтобы обеспечить стабильность и справедливость в игровой экономике.

Объектом исследования в данной работе выступает контролируемая система расчета цены для внутриигровых предметов во многопользовательском онлайн-проекте, который на данный момент нахо-

дится на поздних стадиях разработки. Особое внимание было уделено разработке гибкого редактора цен на предметы, обладающего развитой системой фильтров данных и возможностью вносить точечные корректировки по мере необходимости. Результаты использования данного редактора были представлены в научной работе, где они служат примером эффективного использования математического моделирования для расчета и проектирования цен на предметы в виртуальной экономике

Целью настоящей научно-исследовательской работы является проектирование и внедрение наиболее подходящей контролируемой системы ценообразования виртуальных предметов для создания виртуальной экономики разрабатываемой игры.

Задачами исследования являются:

1. Анализ преимуществ и недостатков подходов к построению player-driven виртуальной экономики на примере актуальных проектов
2. Обоснование выбора критериев разрабатываемой виртуальной экономики и подходящей под желаемые результаты системы ценообразования виртуальных предметов.
3. Проектирование и анализ результатов работы прототипа механизма расчета цены для внутриигровых предметов внутри разрабатываемой виртуальной экономики онлайн-проекта.

Методы исследования

Для того, чтобы разобраться как работает экономика, движимая игроками, нужно сначала понять, что из себя представляет виртуальный мир игр жанра MMO (от англ. massive multiplayer online — массовые многопользовательские онлайн игры) и по каким правилам он работает. Персонажи и предметы в MMO контрастируют по своей ценности с другими информационно-цифровыми ресурсами в Интернете, которые можно легко копировать и распространять с минимальными затратами. Игрок не получит предметы без затрат времени и усилий на внутриигровой процесс производства предмета, будь то время, проведенное за мехами в виртуальной кузнице или на убийство виртуального дракона, в награду за которого можно получить желаемые предметы [1]. Основой любой сильной внутриигровой экономики в MMO является сбор ресурсов, а затем создание из них новых предметов, которые могут быть использованы игроками. В некоторых играх обработка ресурсов является промежуточным звеном между их сбором и созданием предметов. Это занимает продолжительное время, поэтому игроки делятся на когорты в зависимости от своих приоритетов и возможностей. Например, в Eve Online существует подборка месячных отчетов от разработчиков, в которых продемонстрирован спрос на ресурсы в зависимости от актуальных активностей в игре [2] (см. рис.1).

Таким образом, каждый игрок вносит свой вклад в общую функционирующую экономическую систему.

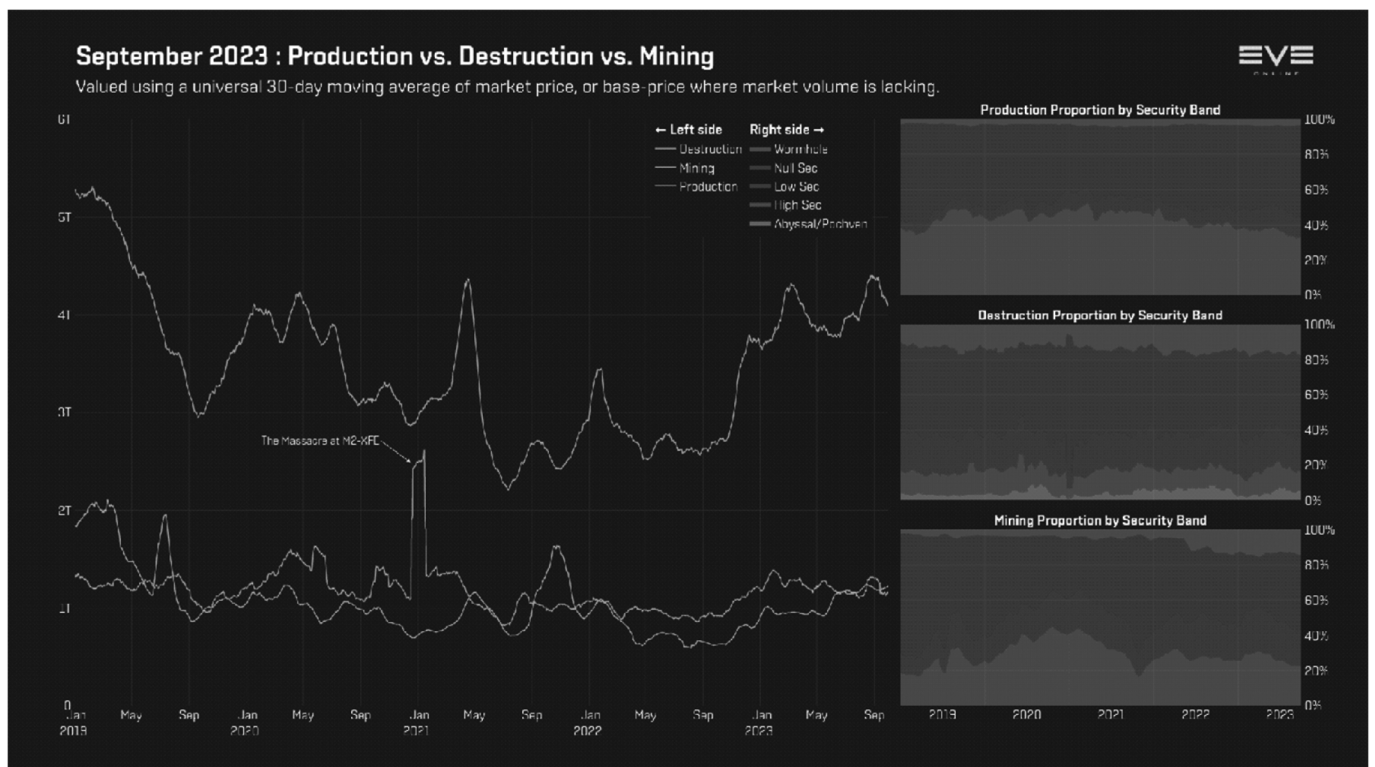


Рис. 1. Один из экономических графиков ежемесячного отчета в Eve Online

Процесс добычи ресурсов зачастую может быть монотонным для игрока, поэтому в игровом сообществе его именуют «гриндом»[3] (от англ. grind — измельчение). Чтобы не допустить потери у игрока интереса к игре, очень важно спроектировать внутриигровой grind таким образом, чтобы был соблюден баланс между временем затраченным игроком на добычу ресурсов и их практической ценностью для игрока.

В любой MMO существует ряд игроков, которые хотят получать внутриигровые преимущества с минимумом временных затрат и готовы вкладывать в это виртуальную валюту на внутриигровых торговых площадках. Этим пользуются другие игроки, образуя еще один компонент фундамента внутриигровой экономики — спекуляция стоимостью ценных внутриигровых предметов, то есть их оптовая закупка по низкой цене и последующая продажа по высокой. Данный метод обогащения настолько популярен, что в популярной игре World of Warcraft со средним онлайн в 1.5–2 миллиона игроков, около 76 % транзакций совершаются на внутриигровом аукционе[4] (см. рис. 2)

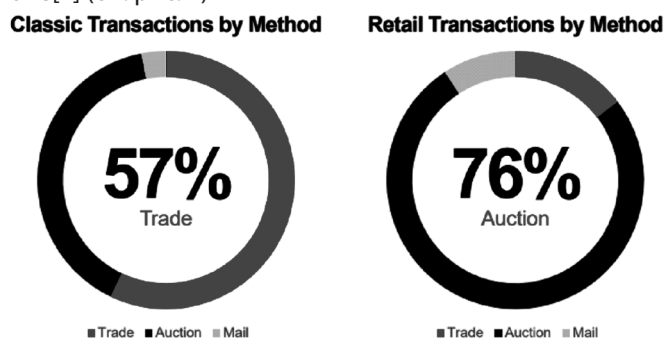


Рис. 2. Статистика торговых обменов между игроками в WoW

Спекулятивная торговля является ценным для внутриигровой экономики сегментом игрового процесса, однако она может привести к колоссальным убыткам. В упомянутой уже ранее EvE был случай, когда игрок купил на внутриигровом рынке абсолютно все предметы со стоимостью в 1 ISK (виртуальная валюта EvE), а затем купил один из них сам у себя через другой аккаунт за 1 миллиард ISK [5]. В результате ценность абсолютно бесполезного предмета на рынке возросла в несколько миллионов раз, и теперь игрок стал чрезмерно богатым. После обвала рынка, как правило, происходит ряд оперативных обновлений, призванных исправить текущее положение виртуальной экономики. Поэтому на этапе разработки очень важно продумать и спроектировать экономическую систему таким образом, чтобы разработчик имел доступ влиять на ценообразование и доступность предметов напрямую в любое время [6].

С позиции разработчика игр, главной задачей является создание глубокой и надежной экономической си-

стемы, которая будет достаточно предсказуемой как для игроков, так и для разработчиков. Важным критерием при создании является наличие возможностей балансировки и оптимизации системы, причем чем они гибче, тем лучше [7]. Иногда необходимые изменения в обновлениях игры могут быть не просто сменой числовых показателей и характеристик внутриигровых сущностей, но и нечто глобальное, как, например, введение новой валюты (так, например, поступили со временем в World of Warcraft — добавив виртуальные токены, за которые можно приобрести время подписки на игру). Также важно учитывать, как экономика игры может влиять на другие ее аспекты. Например, быстрый рост богатства некоторых игроков может вызвать инфляцию, что негативно отразится на новых игроках и удержании их в игре [8].

На основании тезисов, приведенных выше, определим основные требования к проектируемой виртуальной системе экономики, движимой игроками:

- Возможность задать ряд внутриигровых ограничений и лимитов на добываемые и расходимые игроками ресурсы, а также возможность динамически регулировать данные ограничения
- Наличие в основе игрового процесса гринда ресурсов и его баланс
- Возможность влиять на ценообразование и доступность предметов напрямую в любое время
- Наличие возможностей балансировки и оптимизации системы

Основой игрового процесса в рассматриваемом в рамках статьи проекте является поиск и сбор на разных локациях, населенных противниками — как под контролем искусственного интеллекта, так и другими игроками, в рамках ограниченных по времени сессий. После успешной вылазки, игрок имеет возможность продать предметы разным торговцам за внутриигровую валюту. Для того, чтобы игрок нашел предметы задействуется система появления предметов, которую также именуют системой спавна [9] (от англ. spawn — порождать). Данная система размещает внутриигровые предметы в определенных точках, именуемых спавнпоинтами (от англ. spawn points — точки возрождения). Данный процесс происходит в соответствии с настройками разработчиков — сущностью предмета в точке спавна и фильтрами на их появление.

У каждого предмета в игре есть свой ряд параметров, но самым важным для экономической составляющей является BasePrice — базовая стоимость предмета, которую выставил разработчик. При попытке продать добытый в игровой сессии предмет или купить его во внутриигровом магазине — его действительная цена будет зависеть от BasePrice, на которую может быть применен ряд параметров. При этом параметры для цен во внутриигровых магазинах определяет сам разработчик.

Таким образом, при наличии настроенных коэффициентов, цена любого предмета при продаже во внутриигровой магазин рассчитывается по формуле:

$$\text{BasePrice} * A * C * D,$$

где A — коэффициент на продажу в магазин, C — коэффициент «свежести» предмета, D — коэффициент категории предмета.

Цена любого предмета при продаже из внутриигрового магазина игроку рассчитывается по формуле:

$$\text{BasePrice} * B,$$

где B — коэффициент на покупку в магазине.

При этом конфигурация спавна предметов и стоимости его покупки/продажи хранится на сервере с базой данных игры, что позволяет менять эти параметры в любое время. Приведем пример влияния на ценообразование предметов в разрабатываемой системе. В трех разных точках в игровой локации может заспавниться по одному предмету из списка с ценными предметами. Каждый из предметов спавнится с определенным шансом. Цель — настроить баланс таким образом, чтобы игрок за одну сессию не мог заработать не больше, чем 5000 внутриигровой валюты (при условии продажи предметов во внутриигровой магазин по максимально выгодным для себя условиям).

Для начала рассчитаем шанс на спавн каждого предмета внутри списка ценных предметов, то есть поделим вес каждого предмета на общую сумму весов внутри списка. Затем умножим каждый из результатов на цену предмета, а затем просуммируем результат. Таким образом, мы получим математическое ожидание цены предмета из списка ценных предметов (см. рис. 3).

Теперь осталось учесть вероятность спавна предметов на разных точках спавна. Варианты комбинаций:

1. Предметы появятся во всех точках:

$$0.5 * 0.2 * 0.1 = 0.01 \text{ или } 1 \%$$

2. Предметы появятся только в первой и второй точке:

$$0.5 * 0.2 * (1-0.1) = 0.08 \text{ или } 8 \%$$

3. Предметы появятся только в первой и третьей точке:

$$0.5 * (1-0.2) * 0.1 = 0.04 \text{ или } 4 \%$$

4. Предметы появятся только во второй и третьей точке:

$$(1-0.5) * 0.2 * 0.1 = 0.01 \text{ или } 1 \%$$

5. Только в первой точке заспавнится предмет:

$$0.5 * (1-0.2) * (1-0.1) = 0.4 \text{ или } 40 \%$$

6. Только во второй точке заспавнится предмет:

$$(1-0.5) * 0.2 * (1-0.1) = 0.08 \text{ или } 8 \%$$

7. Только в третьей точке заспавнится предмет:

$$(1-0.5) * (1-0.2) * 0.1 = 0.04 \text{ или } 4 \%$$

8. Ни один предмет не заспавнится:

$$(1-0.5) * (1-0.2) * (1-0.1) = 0.36 \text{ или } 36 \%$$

По итогу, наиболее вероятными вариантами развития событий являются исходы: спавн только одного

Вес этой сущности в рамках рандомпула (чем выше вес по сравнению с остальными предметами - тем вероятнее произойдет спавн именно этого)	Вероятность выпадения этого предмета из списка предметов	Цена предмета	
1,5	0,2727272727	200	54,54545455
3	0,5454545455	1000	545,4545455
1	0,1818181818	5000	909,0909091
	1		1509,090909

Рис. 3. Расчет математического ожидания цены предмета из списка ценных предметов

предмета (40 %), отсутствие спавна предметов (36 %), либо спавн двух предметов (8 %).

Исходя из результатов расчетов, ситуация, в которой игрок наберет предметов больше, чем на целевые 5000 валюты — крайне маловероятна, но не исключена. Более того, без использования дополнительных техник случайного распределения внутри системы спавна, возможна и вовсе ситуация, когда игрок найдет в одной комнате сразу три золотых слитка, то есть $5000 * 3 = 15000$ валюты (согласно значению BasePrice). Но здесь в дело вступает еще один дополнительный ограничитель в виде коэффициентов на продажу предмета во внутриигровой магазин.

Рассмотрим ситуацию, когда игрок нашел сразу 3 золотых слитка и собирается продать их по самой выгодной для себя цене. Допустим, мы ввели в игру магазин ювелира, который скупает все «свежие» драгоценности с двойной надбавкой за категорию предмета. Тогда стоимость продажи каждого слитка будет:

$\text{BasePrice} * A * C * D$, где $\text{BasePrice} = 5000$, $C = 2$, $D = 2$

Игрок продает 3 слитка, но нам нужно отрегулировать коэффициент продажи в магазин так, чтобы общая сумма продажи не превышала 5000.

Таким образом, имеем:

$$5000 * 3 * A * 2 * 2 = 5000$$

$$A = 0.083$$

Для достижения поставленной цели — достаточно выставить коэффициент на продажу данного предмета не больше, чем 0.083.

Таким образом, баланс ценности предметов в игре может быть отрегулирован разработчиком сразу на трёх уровнях:

1. Вероятность появления предмета на локации
2. Базовая ценность предмета
3. Ценность предмета при торговле во внутриигровом магазине

Результаты исследований

В результате исследований были получены следующие результаты:

- Был проведен анализ преимуществ и недостатков подходов к построению player-driven виртуальной экономики на примере актуальных проектов
- Был разработан и обоснован ряд критериев разрабатываемой виртуальной экономики и подходящей под желаемые результаты системы ценообразования виртуальных предметов.
- Был спроектирован прототип механизма расчета цены для внутриигровых предметов и продемонстрированы примеры его работы внутри разрабатываемой виртуальной экономики онлайн-проекта.

Заключение

В рамках научно-исследовательской работы был разработан прототип механизма расчета цен для виртуальных предметов в соответствии с обоснованным списком критериев виртуальной экономики и разрабатываемой внутриигровой системы ценообразования. В ходе работы проведен анализ преимуществ и недостатков подходов к построению player-driven виртуальной экономики на примере актуальных проектов, а также смоделированы различные игровые ситуации, в рамках которых были решены задачи игрового баланса ценностей внутриигровых сущностей многопользовательского онлайн-проекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шелл Д. Геймдизайн: Как создать игру, в которую будут играть все. М.: Альпина Паблишер, 2021. — 200 с.
2. Monthly Economic Report — September 2023 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.eveonline.com/news/view/monthly-economic-report-september-2023> (дата обращения: 10.11.2023)
3. C. Smith. «EVE: Online as a Potential Microeconomic Models». Oshkosh Scholar, edited University of Wisconsin-Oshkosh Office of Student Research and Creative Activity, 2017. — С. 28–37
4. «The Economy of World of Warcraft» [Электронный ресурс]. URL: <https://conf.splunk.com/> (дата обращения: 12.11.2023)
5. «Умный игрок чуть не обрушил экономику EVE Online» [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/articles/178721/> (дата обращения: 18.11.2023)
6. «Why player-driven economies are a powerful tool for developers» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pocketgamer.biz/feature/81046/why-player-driven-economies-are-a-powerful-tool-for-developers/> (дата обращения: 20.11.2023)
7. «Game economy design of Premium games through the example of a 4X strategy on PC» [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/articles/773922/> (дата обращения: 24.11.2023)
8. «The Top F2P Monetization Tricks» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gamedeveloper.com/business/the-top-f2p-monetization-tricks> (дата обращения: 25.11.2023)
9. «Руководство Unity» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.unity3d.com/ru/530/Manual/UnityManual.html> (дата обращения: 27.11.2023)

© Фигуров Максим Олегович (impromaximus@gmail.com); Мишук Богдан Ростиславович (b.mishchuk@yandex)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

NEURAL NETWORKS
IN RECOMMENDATION SYSTEMS

A. Fimin
A. Somenkova

Summary. At the present stage of social development, recommendation systems are an integral element providing interaction between the user and the producer of information. Such systems are closely connected with public life and are used for various purposes, including e-commerce, social networks, and mobile phone applications. In the context of the global development of artificial intelligence based on deep learning of neural networks, there is an objective need to analyze the possibilities of using neural networks in recommendation systems.

The author concludes that if compared with traditional models of training recommendation systems, models based on neural networks and deep learning provide great opportunities for recommendation systems. This is because neural networks, due to the possibilities of in-depth analysis of various disparate data, as well as their ability to learn from their mistakes and improve in the learning process, allow them to obtain very accurate data. Hence, recommendation systems can be more adapted to the needs of a particular user and will allow you to select preferences even in those goods, works, services that the user has not previously ordered or was not interested in. However, the main problem in this area is the correct choice of a neural network and training technology, as well as the selection of a data set on which the training of the corresponding neural network will be carried out. The spontaneous choice of a neural network for a recommendation system, without taking into account the above parameters, can lead to errors in the analysis of data by a neural network and its long-distance learning, and as a result lead to incorrect recommendations for users.

Keywords: neural networks, recommendation systems, user preferences, information filtering, data analysis, deep learning.

Фимин Антон Андреевич

*Технический руководитель разработки программного обеспечения, IT компания Артком Венчур, Германия
Anton.fimin@outlook.com*

Соменкова Анжела Максимовна

*Главный инженер по разработке ПАО Сбербанк, Сербия
miss.gelberg93@gmail.com*

Аннотация. На современном этапе общественного развития рекомендательные системы являются неотъемлемым элементом, обеспечивающим взаимодействие между пользователем и производителем информации. Такие системы тесно связаны с общественной жизнью и используются для различных целей, среди которых электронная коммерция, социальные сети, приложения для мобильных телефонов. В условиях глобального развития искусственного интеллекта, основанного на глубоком обучении нейронных сетей, возникает объективная необходимость анализа возможностей использования нейронных сетей в рекомендательных системах.

Автор приходит к выводу о том, что, если сравнивать с традиционными моделями обучения рекомендательных систем, модели, в основу которых заложены нейронные сети и глубокое обучение, обеспечивают для рекомендательных систем гораздо большие возможности. Обусловлено это тем, что нейронные сети за счет возможностей глубокого анализа различных разрозненных данных, а также их способности обучаться на своих ошибках и совершенствоваться в процессе обучения, позволяют получать очень точные данные. Отсюда рекомендательные системы могут быть более адаптированы под потребности конкретного пользователя и позволят осуществлять подборку предпочтений даже в тех товарах, работах, услугах, которые ранее пользователь не заказывал или которыми не интересовался. Однако основной проблематикой в данной области является правильный выбор нейронной сети и технологии обучения, а также подбор набора данных, на которых будет осуществляться обучение соответствующей нейронной сети. Стихийный выбор нейронной сети для рекомендательной системы без учета вышеназванных параметров может привести к ошибкам при анализе данных нейронной сетью и ее дальнейшем обучении, и как следствие привести к неправильным рекомендациям для пользователей.

Ключевые слова: нейронные сети, рекомендательные системы, предпочтения пользователей, фильтрация информации, анализ данных, глубокое обучение.

В основе рекомендательных систем лежит фильтрация информации посредством массивного интеллектуального анализа данных, который может решить проблему информационной перегрузки и предоставить контент, который может удовлетворить потребностям пользователей с учетом их персонализации. Кроме того, рекомендательные системы действуют как платформа, помогающая пользователю не только находить необходимую информацию, но и позволяющая рекламодателю представить информацию именно тому пользователю, который в этой информации заинтересован.

В специализированной литературе рекомендательные системы определяют как комплекс сервисов и программ, который анализирует предпочтения пользователей и пытается предсказать, что может их заинтересовать [4, 10] и как модели, предсказывающие предпочтения пользователей по нескольким продуктам в самых разных областях, таких, как видео- и музыкальные сервисы, электронная коммерция и платформы социальных сетей [1, 2]. Таким образом, суть рекомендательных систем сводится к помощи пользователям различных приложений и систем находить товары, работы и услуги, которые их интересуют, исходя из взаимосвязи между ними.

Длительное время существовало всего три вида рекомендательных систем: рекомендательные системы на основе контента (в основу заложены предпочтения пользователя), рекомендательные системы на основе фильтрации (в основу заложены сходства между предпочтениями пользователя), гибридные рекомендательные системы (основаны на сочетании рекомендательных систем на основе контента и на основе фильтрации). Однако развитие технологий искусственного интеллекта и тех возможностей, которые позволяет реализовать искусственный интеллект, обучаемый на основе нейронных сетей, предопределяет необходимость анализа перспектив использования нейронных сетей в рекомендательных системах.

В специализированной литературе отмечается о том, что нейронные сети глубокого обучения являются наиболее подходящими для их использования в рекомендательных системах. Обусловлено это свойствами глубокого обучения. Глубокое обучение — это современное решение для многих задач машинного обучения, таких, как компьютерное зрение или проблемы с естественным языком, и оно превосходит альтернативные методы обучения [10]. Так, нейронная сеть, основанная на технологии глубокого обучения, может изучать не только латентные характеристики пользователей и их предпочтения, но и сложные нелинейные взаимодействия между пользователями и их предпочтениями на основе глубокого анализа [3, 5, 6, 9, 10]. Соответственно, результативность работы рекомендательных систем, основанных на нейронных сетях глубокого обучения, становится гораздо выше результативности традиционно выделяемых рекомендательных систем.

С указанным подходом нельзя не согласиться, поскольку нейронные сети за счет возможностей глубокого анализа различных разрозненных данных, а также их способности обучаться на своих ошибках и совершенствоваться в процессе обучения, позволяют получать очень точные данные. Если адаптировать это к рекомендательным системам, то здесь можно констатировать, что рекомендательные системы, основанные на нейронных сетях глубокого обучения, могут быть более адаптированы под потребности конкретного пользователя и позволяют осуществлять подборку предпочтений даже в тех товарах, работах, услугах, которые ранее пользователь не заказывал или которыми не интересовался.

Основной проблематикой в данной области является правильный выбор нейронной сети и технологии обучения, а также подбор набора данных, на которых будет осуществляться обучение соответствующей нейронной сети. При этом выбор нейронной сети и технологии обучения, а также подбор набора данных должен осуществляться исходя из назначения рекомендательной системы и области ее использования. Так, например, ре-

комендательные системы, используемые в музыкальных приложениях и анализирующие музыкальные предпочтения клиента, будут иметь один набор данных, необходимых для обучения нейронных сетей, а рекомендательные системы, используемые для целей электронной коммерции и выдачи контекстной рекламы, другой набор данных. Стихийный выбор нейронной сети для рекомендательной системы без учета вышеназванных параметров может привести к ошибкам при анализе данных нейронной сетью и ее дальнейшем обучении, и как следствие привести к неправильным рекомендациям для пользователей.

В специализированной литературе исследовались рекомендательные системы на основе сверточных нейронных сетей, где в качестве данных для анализа использовались хэштеги рекомендаций пользователей [8]. Авторы исследования рассматривали хэштег как возможность классификации по нескольким меткам, в то время как сверточная нейронная сеть использовалась в качестве инструмента извлечения информации для учета особенностей, присущих постам пользователей. Предложенная модель состояла из глобального канала и локального канала привлечения внимания. Глобальный канал состоял из сверточного слоя и объединяющего слоя, а локальный канал внимания состоял из слоя внимания и объединяющего слоя. Недостатками использования хэштегов в качестве данных, необходимых для обучения, здесь видится то, что хэштеги не позволяют сделать максимально полный анализ предпочтения пользователей, поскольку связаны только с частью информации в изображении и в тексте.

Исходя из вышесказанного, можно сделать промежуточный вывод о том, что последние тенденции включают в себя применение нейронных сетей на основе глубокого обучения к рекомендательным системам. На практике такие рекомендательные системы уже используются многими крупными международными компаниями, например, такими, как: Airbnb, Facebook, LinkedIn.

Вместе с тем, область рекомендательных систем сложна и возможности использования нейронных сетей в таких системах зависят от множества факторов, в том числе назначения использования рекомендательных систем.

Как уже было отмечено ранее, существует множество различных методов разработки рекомендательных систем, таких, как правила ассоциации, фильтрация на основе контента или совместной фильтрации, матричная факторизация или, например, обучение древовидной модели для прогнозирования вероятности взаимодействия.

Преимуществами же использования нейронных сетей, основанных на глубоком обучении, является то, что

такие модели обеспечивают высокую точность прогноза поведения пользователя и, как следствие, позволяют делать более точные рекомендации [7]. Это достигается за счет того, что глубокое обучение может использовать дополнительные данные при увеличении пропускной способности нейронных сетей, модель может повысить производительность за счет увеличения объема данных.

Кроме того, нейронные сети гибки в своей конструкции. Например, за счет глубокого обучения можно обучить нейронную сеть решению нескольких задач пользователя и анализа его поведения (многозадачное обучение), поставив перед сетью различные вопросы, например, такие, как: «добавит ли пользователь товар в корзину?» или «начнет ли оформление заказа товара?». Каждая цель помогает модели извлекать информацию из данных, при этом цели могут поддерживать друг друга.

Другие подходы к проектированию рекомендательных систем на основе нейронных сетей включают добавление мультимодальных данных в рекомендательную модель. Например, можно решить эту задачу, обработав изображения продукта с помощью сверточной нейронной сети или описание продукта с помощью модели обработки естественного языка. Также необходимо учитывать и тот факт, что фреймворки глубокого обучения высоко оптимизированы для обработки от терабайт до петабайт данных для всех видов доменов, что позволяет повысить эффективную адаптацию нейронных сетей для рекомендательных систем.

Теперь акцентируем внимание на встраивании слоев нейронной сети. Слои встраивания представляют категории с плотными векторами и используются, как правило, для обработки естественного языка: слова со схожим значением имеют похожий вектор встраивания. Эта же методика может применяться к рекомендательным системам. Так, самая простая рекомендательная система будет основана на пользователях и товарах. Вопрос, который будет стоять перед системой: какие товары рекомендовать пользователю? В качестве исходных данных есть идентификаторы пользователей и товаров. Поскольку слова мы заменяем на пользователей и элементы, необходимо использовать две таблицы встраивания (рисунок 1).

Чтобы получить итоговую оценку, то есть вероятность того, что пользователь взаимодействует с элементом, необходимо вычислить точечное произведение между внедрением пользователя и внедрением элемента. В качестве последнего шага для преобразования выходных данных с вероятностью от 0 до 1 можно применить функцию активации сигмоида:

$$\text{Точечный продукт: } u * v = \sum r_i * t_i$$

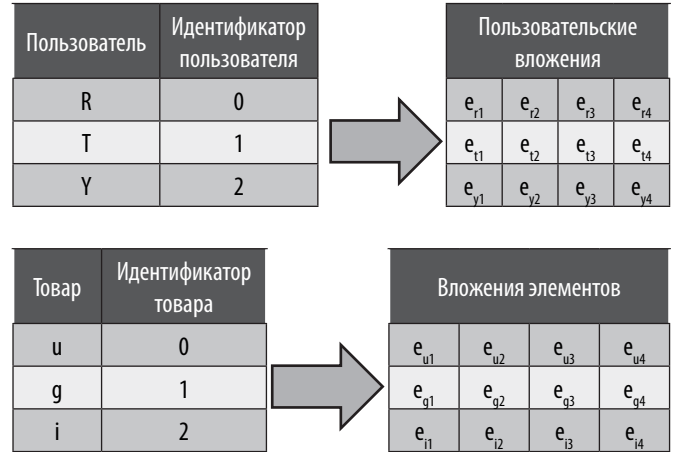


Рис. 1. Встраивание таблиц с размерностью 4

Вышеприведенный пример является элементарной моделью, поскольку в рекомендательных системах можно использовать и более глубокие модели с полностью подключенными слоями. Обусловлено это тем, что производительность нейронных сетей основана на глубоких архитектурах с несколькими нелинейными уровнями. За счет этого можно расширять предыдущую модель, передавая выходные данные встраиваемых слоев через несколько полностью связанных слоев через функцию активации нейросети (ReLU). Здесь основная задача будет заключаться в том, как именно объединить два вектора встраивания (либо объединить только векторы встраивания, либо поэлементно умножить векторы друг на друга, аналогично скалярному произведению).

Ещё одним перспективным направлением является добавление метаданных в нейронную сеть. Так, обычно в качестве входных данных нейронной сети используют только идентификатор пользователя и продукта, как уже было отмечено ранее, однако при анализе данных часто становится доступна дополнительная информация о пользователе или его предпочтениях. Дополнительной информацией о пользователе может быть пол, возраст, город (адрес), время с момента последнего посещения или номер банковской карты, используемой для оплаты, марка товара, ценовая категория товаров и так далее. Вышеуказанная дополнительная информация может использоваться для входных данных нейронной сети и позволит осуществлять более эффективный анализ предпочтений и построение на таких предпочтениях более точных рекомендаций.

Подводя итог, отметим, что, если сравнивать с традиционными моделями обучения рекомендательных систем, модели, в основу которых заложены нейронные сети и глубокое обучение, обеспечивают для рекомендательных систем гораздо большие возможности. Обусловлено это тем, что нейронные сети за счет возможностей глубокого анализа различных разрозненных данных, а также их способности обучаться на своих

ошибках и совершенствоваться в процессе обучения, позволяют получать очень точные данные. Отсюда рекомендательные системы могут быть более адаптированы под потребности конкретного пользователя и позволят осуществлять подборку предпочтений даже в тех товарах, работах, услугах, которые ранее пользователь не заказывал или которыми не интересовался. Однако основной проблематикой в данной области является правильный выбор нейронной сети и технологии обу-

чения, а также подбор набора данных, на которых будет осуществляться обучение соответствующей нейронной сети. Стихийный выбор нейронной сети для рекомендательной системы без учета вышеназванных параметров может привести к ошибкам при анализе данных нейронной сетью и ее дальнейшем обучении, и как следствие привести к неправильным рекомендациям для пользователей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ботов Д.С., Меньшикова Н.В., Портнов И.В. Разработка рекомендательной системы для музыкального сервиса на основе методов контентной и коллаборативной фильтрации // Информационные технологии и системы: труды VI Международной научной конференции (1–5 марта 2017 г.). Челябинск: Челяб. гос. ун-т, 2017. — С. 37–46.
2. Воробьева М.С., Боганюк Ю.В., Якубов Р.М. Разработка рекомендательной системы навыков для студента на основе текстов его работ // Математическое и информационное моделирование: материалы Всероссийской конференции молодых ученых (17–21 мая 2021 г.). — Тюмень: Тюмен. гос. ун-т, 2021. — С. 123–127.
3. Зайцева С.А., Смирнов В.А. Ценностные регулятивы «рекомендательной системы» в контексте распространения нейро-сетевых моделей // Вестник ИвГУ. Серия: Гуманитарные науки. — 2022. — №1. — С.152–160.
4. Исламова С.А., Липатникова Н.В. Обзор рекомендательных систем // Modern Science. — 2019. — № 4–3. — С. 174–176.
5. Колебцев В.И., Белов Ю.С. Метрики, необходимые для составления ранжированного списка новостей для рекомендательной системы // Научное обозрение. Технические науки. — 2021. — № 5. — С. 10–14.
6. Ниничук М.М., Намиот Д.Е. Обзор методов построения рекомендательных систем на основе сессий // International Journal of Open Information Technologies. — 2023. — №5. — С.23–32.
7. Якупов Д.Р., Намиот Д.Е. Рекомендательные системы на основе сессий — модели и задачи // International Journal of Open Information Technologies. — 2022. — №7. — С.128–155.
8. Gong Y., Zhang Q. Hashtag recommendation using attention based convolutional neural networks. Proceedings of the 25th International Joint Conference on the Artificial Intelligence. New York, USA, 2016:2782–2788.
9. Li Y., Liu T., Jiang J. et al. Hashtag recommendation with topical attention-based LSTM. Proceedings of the 26th International Conference on Computational Linguistics. — Osaka, Japan, 2016:3019–3029.
10. Song, Ningxin. (2020). Analysis of Recommendation Systems Based on Neural Networks. Journal of Physics: Conference Series. 1634. 012051. 10.1088/1742-6596/1634/1/012051.

© Фимин Антон Андреевич (Anton.fimin@outlook.com); Соменкова Анжела Максимовна (miss.gelberg93@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАСПОЗНАВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ИЗ МУЛЬТФИЛЬМОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ TENSORFLOW¹

CARTOON IMAGE RECOGNITION BASED ON TENSORFLOW DEEP LEARNING TECHNOLOGY

*Jiang Xichun
Yao Yan
Shen Qi*

Summary. The article is devoted to the consideration of the features of recognizing cartoon images on the basis of deep learning technology TensorFlow. In the process of research the distinctive features and capabilities of TensorFlow technology are outlined. Also formalized algorithm for recognizing images from cartoons on the basis of convolutional neural network. Separately described is the code that uses Python and TensorFlow to implement neural networks designed to recognize hand-drawn cartoon images. In addition, the paper summarizes the basic steps required for neural networks to recognize hand-drawn expressions.

Keywords: image, cartoon, deep learning, recognition, performance.

Цзян Сичунь

*Старший преподаватель,
Хэйхэский университет, г. Хэйхэ, КНР
hhxujxc@163.com*

Яо Янь

*Профессор, Хэйхэский университет, г. Хэйхэ, КНР
19616261@qq.com*

Шэнь Ци

*Старший преподаватель,
Хэйхэский университет, г. Хэйхэ, КНР
56385355@qq.com*

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению особенностей распознавания изображений из мультфильмов на основе технологии глубокого обучения TensorFlow. В процессе исследования обозначены отличительные черты и возможности технологии TensorFlow. Также формализован алгоритм распознавания изображений из мультфильмов на основе сверточной нейронной сети. Отдельно описан код, который использует Python и TensorFlow с целью реализации нейронных сетей, предназначенных для распознавания нарисованных вручную изображений из мультфильмов. Кроме того, в статье приведены основные шаги, необходимые нейронным сетям для распознавания нарисованных вручную выражений.

Ключевые слова: изображение, мультфильм, глубокое обучение, распознавание, производительность.

TensorFlow — это технология глубокого обучения, разработанная компанией Google, которая широко используется в области распознавания изображений. Она использует схемы потоков данных для реализации сложных вычислительных процессов глубокого обучения и предоставляет расширенные интерфейсы, которые позволяют облегчить обучение пользователей [1].

TensorFlow предоставляет множество инструментов обработки изображений и манипулирования ими, таких как сверточные нейронные сети (CNN) и рекуррентные нейронные сети (RNN). С помощью этих инструментов мы можем выполнять операции извлечения признаков, классификации и распознавания изображений.

Технология распознавания изображений TensorFlow, основанная на методах глубокого обучения, обладает высокой вычислительной мощностью и гибкостью, может широко использоваться в классификации изображений, распознавании лиц, обнаружении объектов и других областях [2].

Рассмотрим более подробно особенности распознавания изображений их мультфильмов на основе модели CNN.

Алгоритм основан на модели сверточной нейронной сети (CNN).

Во-первых, извлечение объектов изображения. Модель CNN выполняет операции свертки над входным изображением через слой свертки для извлечения локальных объектов на изображении [3].

Во-вторых, уровень объединения. Уровень объединения также является важной частью модели CNN. Его роль заключается в уменьшении размерности объектов, извлеченных из предыдущего сверточного слоя, и снижении вычислительной сложности [4]. Объединяющий слой представляет всю область путем усреднения или максимизации части области входного объекта, тем самым реализуя дальнейшую абстракцию и обобщение.

¹ Научный проект по финансированию фундаментальных научных исследований 2022 г. высших учебных заведений в провинции Хэйлунцзян «Исследования в области глубокого обучения на основе фреймворка TensorFlow», номер проекта: 2022-KYYWF-0374.

В-третьих, полностью подключенный слой: после прохождения через несколько сверточных слоев и их объединения в пул, модель CNN сопоставляет ранее извлеченные объекты с предварительно обученным классификатором через полностью подключенный слой, чтобы получить окончательный результат классификации [5].

С помощью описанных выше шагов модель CNN может реализовать автоматическую классификацию и распознавание изображений. Преимущество этого метода заключается в том, что он позволяет избежать громоздкого процесса ручного извлечения объектов, и в то же время может автоматически адаптироваться к различным сложным изменениям изображения [6, 7].

На следующем этапе исследования опишем конкретные программные процедуры.

Импорт склада и модулей

```
import tensorflow as tf
from tensorflow.keras import datasets, layers, models
import matplotlib.pyplot as plt
```

Подготовка набора данных CIFAR-10.

Он содержит 6000 цветных изображений размером 32x32 в 5 категориях, из которых 2000 используются для обучения, а остальные 4000 — для тестирования. (train_images, train_labels), (test_images, test_labels) = datasets.cifar10.load_data().

Предварительная обработка данных.

Предварительная обработка данных изображений, включая нормализацию, стандартизацию и другие операции. train_images, test_images = train_images / 255.0, test_images / 255.

Определим структуру модели: в этом примере мы используем простую модель сверточной нейронной сети (CNN) для классификации и распознавания изображений из мультфильмов. Модель содержит два сверточных слоя, объединяющий слой, два полностью связанных слоя и выходной слой [8]. Процедура заключается в следующем.

```
model = models.Sequential()
model.add(layers.Conv2D(32, (3, 3), activation='relu',
input_shape=(32, 32, 3)))
model.add(layers.MaxPooling2D((2, 2)))
model.add(layers.Conv2D(64, (3, 3), activation='relu'))
model.add(layers.MaxPooling2D((2, 2)))
model.add(layers.Flatten())
model.add(layers.Dense(64, activation='relu'))
model.add(layers.Dense(10))
```

Распознавание изображений из мультфильмов на основе нейронной сети

Построим нейронную сеть для распознавания четырех нарисованных руками выражений: удивление + открытые глаза, удивление + закрытые глаза, улыбка + открытые глаза, улыбка + закрытые глаза. Набор данных взят из 1200 картинок, нарисованных вручную учащимися 1-ой и 2-ой групп 3-го курса Хэйхэского университета по специальности больших данных. Размер картинок в пикселях составляет 100*100. Принцип заключается в использовании алгоритмов глубокого обучения по нарисованным вручную картинкам, чтобы нейронная сеть могла научиться извлекать признаки и классифицировать картинки.

Ниже приведены основные шаги, необходимые нейронным сетям для распознавания нарисованных вручную выражений.

Сначала создаем ру-файл в рамках проекта, созданного в ruchart, затем напишем программу для генерации обучающего подмножества из набора изображений, которые мы подготовили. После завершения выполнения перейдем в каталог, чтобы посмотреть, сгенерировано ли тестовое подмножество. Таким же образом рисуются несколько наборов изображений для создания нескольких обучающих подмножеств. Позже будет создан более крупный тренировочный набор. Теперь у нас есть 10 обучающих подмножеств, и мы объединяем эти 10 подмножеств в более крупный обучающий набор, содержащий в общей сложности 1200 выборок. Перейдем в каталог, чтобы посмотреть, сгенерирован ли набор тестовых подмножеств train.txt. Когда будет успешно сгенерирован большой обучающий набор, мы можем начать обучение модели и сохранить параметры сети.

Затем в рамках проекта создаем новый ру-файл, используемый для написания программ и сохранения сетевых параметров в file.txt. Когда мы получим сетевые параметры, мы можем использовать программу ввода сетевых параметров для идентификации изображения.

В завершении, создаем в рамках проекта новый ру-файл, используемый для написания программ. Введем тестовое изображение test0.jpg, и обработаем его. Введем сетевые параметры и перестроим сеть, обозначим веса в параметрах сети в file.txt в W01, смещения будут импортированы в b01. Запустим модель и получим результаты.

Ниже приведен код, который использует Python и TensorFlow для реализации нейронных сетей для распознавания нарисованных вручную изображений из мультфильмов.

```

import tensorflow as tf
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
(x_train, y_train), (x_test, y_test) = tf.keras.datasets.
mnist.load_data()
x_train = x_train / 255.0
x_test = x_test / 255.0
model = tf.keras.Sequential([
    tf.keras.layers.Conv2D(32, (3, 3), activation='relu', input_
shape=(28, 28, 1)),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D((2, 2)),
    tf.keras.layers.Flatten(),
    tf.keras.layers.Dense(64, activation='relu'),
    tf.keras.layers.Dense(10)])
model.compile(optimizer='adam', loss=tf.keras.losses.
SparseCategoricalCrossentropy(from_logits=True),
metrics=['accuracy'])
model.fit(x_train, y_train, epochs=5, validation_
data=(x_test, y_test))
predictions = model.predict(x_test)
print('Accuracy:', tf.keras.metrics.
SparseCategoricalAccuracy().compute(y_test, predictions))

```

Приведенный выше код использует модель сверточной нейронной сети для распознавания изображений в наборе данных, состоящих из нарисованных вручную картинок из мультфильмов. Также этот код позволяет оценить производительность модели с помощью обучающих и тестовых данных. Проведенные тесты позво-

лили установить, что уровень достоверности составляет 0,8762.

Заключение

В этом исследовании, с использованием технологии TensorFlow, рассматриваются особенности применения глубокого обучения для распознавания изображений из мультфильмов. Путем экспериментальной проверки мы обнаружили, что глубокое обучение позволяет эффективно повысить точность распознавания изображений из мультфильмов, демонстрируя сильную способность к обучению и обобщению. Кроме того, мы также обнаружили, что благодаря использованию передовых архитектур нейронных сетей, таких как ResNet точность распознавания может быть дополнительно повышена, и это способно обеспечить мощную поддержку для разработки анимации, игр и других областей.

В этом исследовании все еще существуют некоторые ограничения, такие как небольшой размер набора данных, а также сложность модели и вычислительные ресурсы, которые не учитываются в полной мере. Будущие исследования могут еще больше расширить набор данных, оптимизировать структуру модели и улучшить способность к обобщению и надежность модели, чтобы более эффективно решать задачу распознавания мультяшных изображений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захватов Д.М., Лукиных А.А. Распознавание изображений с использованием нейронных сетей: проблемы и перспективы // Современные научные исследования и инновации. 2023. № 9 (149).
2. Стеценко А.И., Смагулова А.С. Разработка нейронной сети для распознавания изображений на базе TENSORFLOW // E-Scio. 2023. № 3 (78). С. 133–139.
3. Винокуров И.В. Использование свёрточной нейронной сети для распознавания элементов текста на отсканированных изображениях плохого качества // Программные системы: теория и приложения. 2022. Т. 13. № 3 (54). С. 29–43.
4. Гребенникова Н.И., Злобин А.Б., Сергеев М.Ю., Сергеева Т.И. Автоматизированная система детектирования и распознавания графических изображений применением сверточных нейронных сетей // Экономика и менеджмент систем управления. 2022. № 4 (46). С. 84–91.
5. Годунов А.И., Балаян С.Т., Егоров П.С. Сегментация изображений и распознавание объектов на основе технологии сверточных нейронных сетей // Надежность и качество сложных систем. 2021. № 3 (35). С. 62–73.
6. Домбаян Г.С., Куликова О.В., Шпаковский В.П. Распознавание изображений при помощи алгоритмов, основанных на нечетких нейронных сетях // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2021. № 1. С. 20–21.
7. Зиядинов В.В., Курочкин П.С., Терешонок М.В. Оптимизация обучения сверточных нейронных сетей при распознавании изображений с низкой плотностью точек // Радиотехника и электроника. 2021. Т. 66. № 12. С. 1207–1215.
8. Калашников А.О., Барабанов В.Ф., Нужный А.М., Барабанов А.В. Поддержка принятия решений в системе распознавания изображений с применением искусственной нейронной сети // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2021. Т. 17. № 2. С. 19–23.

© Цзян Сичунь (hxyjxc@163.com); Яо Янь (19616261@qq.com); Шэнь Ци (56385355@qq.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РЕЗУЛЬТАТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НАГРЕВА ТЯГОВОЙ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ ЭЛЕКТРОБОЛИДА КЛАССА «FORMULA STUDENT»

THE RESULTS OF MATHEMATICAL AND COMPUTER MODELING OF HEATING OF THE TRACTION BATTERY OF THE ELECTRIC CAR OF THE CLASS «FORMULA STUDENT»

**A. Shkolyarenko
P. Ivandikova
R. Ilimbetov
V. Nikolayev
A. Alenov**

Summary. The article presents the results of a mathematical and computer study of the heating processes of a traction battery (battery) of an electric car using mathematical and computer modeling. Computer modeling is implemented using the ANSYS (Stadium-state termal) software. A comparison and analysis of the simulation results are presented, which will help in choosing the optimal type of traction battery cooling.

Keywords: cooling, traction batteries, ANSYS, 3D modeling, mathematical modeling.

Школяренко Анастасия Олеговна
ФГАО УВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»
lady.shkolyarenko@mail.ru

Ивандикова Полина Сергеевна
ФГАО УВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»
ivandikova@bk.ru

Илимбетов Рафаэль Юрикович
канд.тех.наук, доцент, ФГАО УВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»
ilimbay@yandex.ru

Николаев Владислав Андреевич
ФГАО УВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»
mr.vlad10a@mail.ru

Аленов Ален Жаксклыкович
ФГАО УВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»,
alenalenov00@icloud.com

Аннотация. В статье представлены результаты математического и компьютерного исследования процессов нагрева тяговой аккумуляторной батареи (АКБ) электроболида с помощью математического и компьютерного моделирования. Компьютерное моделирование реализуется при помощи программного обеспечения (ПО) ANSYS (Stady-state termal). Приведен сравнение и анализ результатов моделирования, которые помогут в выборе оптимального типа охлаждения тяговой аккумуляторной батареи.

Ключевые слова: охлаждение, тяговые аккумуляторные батареи, ANSYS, 3D-моделирование, математическое моделирование.

Введение

Для автомобильного электрического транспорта тяговая аккумуляторная батарея (ТАКБ) является основным источником электроэнергии. Движение Formula Student Electric является международным проектом, ориентиром которого является подготовка высококвалифицированных инженерных и научных кадров для автомобильной промышленности.

Тяговая АКБ должна соответствовать определенным параметрам такие как: минимальная масса, при наибольшей ёмкости; соответствие требованиям пожарной и электрической безопасности. Для того чтобы аккумуляторная батарея нормально функционировала, ее рабочая температура должна поддерживаться в диапазоне от +15 до +20 С°. Такую температуру обеспечивает

система охлаждения батареи при номинальных режимах работы. Кроме того, система охлаждения должна быть компактной, легкой, доступной по цене и способной работать в заданных климатических условиях. Конструктивно батарея состоит из отдельных ячеек, число которых может различаться в зависимости от потребляемой мощности. Конструкция батареи охлаждается потоком воздуха или жидкостью [1]. Поэтому при проектировании и исследовании важно определить оптимальный способ охлаждения для поддержания рабочей температуры. Для решения научно-технических задач в области охлаждения тяговых АКБ одним из инструментов является математическое и компьютерное моделирование.

Математическое моделирование — фундаментальный метод исследования сложных систем. Численное моделирование использует методы вычислительной ма-

тематики и позволяет получить приближенные решения соответствующих уравнений для частных наборов параметров системы. Получаемые при этом данные не обладают общностью аналитических решений, требуют верификации, могут быть чувствительны к использованному численному методу [2].

Моделирование охлаждения является важной областью в инженерии, позволяющей анализировать и оптимизировать процессы теплообмена и улучшить эффективность систем охлаждения. Специализированное программное обеспечение Ansys предоставляет мощные инструменты для создания и анализа моделей охлаждения различных объектов и применяется в различных отраслях, таких как автомобильное производство, энергетика, электроника и др.

Анализ работы системы охлаждения батареи выполняется в два этапа. Вначале производится анализ охлаждения отдельной ячейки обтекающим ее потоком воздуха при движении его по каналам, которые расположены между отдельными ячейками, а затем определяются условия охлаждения всей батареи [1]. В данной работе представлены результаты моделирования для отдельной ячейки ТАКБ.

Этапы моделирования процесса охлаждения в Ansys

Ansys — это мощный пакет инженерных программ, предлагающий различные инструменты и возможности для моделирования и симуляции систем охлаждения и терморегулирования. С помощью Ansys можно анализировать теплопередачу, гидродинамику и тепловое поведение в широком спектре приложений, включая охлаждение электроники, выработку электроэнергии и т.д.

Основные шаги моделирования охлаждения:

1. Создание геометрии:

В программе Ansys можно создать или импортировать геометрию исследуемого объекта, для которого требуется охлаждение. Это может быть 3D-модель, представленная в форматах, таких как *.STL или *.STEP. Дополнительно существует возможность настроить геометрию окружающей среды и граничные условия для моделирования процесса охлаждения.

2. Выбор модели охлаждения: выбирается тип модели охлаждения в зависимости от конкретной ситуации. Это может включать конвекцию, теплопроводность, излучение и другие тепловые процессы.

3. Задание граничных условий: настройка граничных условий для модели охлаждения, учитываются начальные условия (температура и распределение тепла в начальный момент времени) и граничные условия на поверхностях объектов (кон-

вективное охлаждение, радиационные свойства и теплопроводность).

4. Выбор численного метода: выбирается подходящий численный метод, который будет использован для моделирования процессов охлаждения. Ansys предоставляет широкий набор численных методов, включая метод конечных элементов (FiniteElementMethod, FEM), конечно-разностный метод (FiniteDifferenceMethod, FDM) и др.
5. Выполнение расчетов: результаты расчетов могут включать распределение температуры и теплового потока внутри объекта, графики и карты тепла.
6. Валидация результатов и оптимизация: сравнение полученных результатов с экспериментальными данными или аналитическими моделями, проверяется на корректность. Проводится оптимизация и анализ полученных результатов для улучшения процесса охлаждения.

Область применения Ansys в моделировании процессов охлаждения

Компьютерная программа Ansys как инструмент позволяет выполнить следующие процессы:

- моделирование охлаждения электротехнических компонентов, чтобы определить и устранить узкие места и проблемы с избыточным нагревом;
- разработка и оптимизация систем охлаждения для автомобильных двигателей, радиаторов и других компонентов автомобиля;
- исследование и улучшение систем охлаждения электроники в промышленных приложениях для предотвращения перегрева и повышения надежности;
- моделирование охлаждения в энергетических системах, таких как тепловые электростанции или ядерные реакторы;
- моделирование гидродинамических процессов в проточной части центробежного насоса предлагается модифицированный интегрально-сопряженный численный метод решения уравнений математической физики методом взвешенных невязок на базе нейросетевых пробных решений. при помощи ansys workbench [3];
- одноосное циклическое растяжение с нарастающей амплитудой наполненного эластомерного материала. такие материалы обладают сложными механизмами механического поведения, кроме упругости здесь присутствуют вязкоупругость и эффект размягчения Маллинза. по данным эксперимента в программном комплексе Ansys построена математическая модель вязкоупругого материала с эффектом размягчения [4].
- расчеты течения жидкости в лопастных гидромашинах с использованием пакета Ansys CFX [5].

Таким образом программное обеспечение Ansys представляет широкий спектр компьютерного исследования в решении научных и инженерных задач.

Методика математического моделирования

Система охлаждения предназначена для принудительного отвода от тяговой аккумуляторной батареи лишнего тепла и передачи его окружающему воздуху. Охлаждение ТАКБ применяется в целях принудительного отвода тепла от нагретых элементов для обеспечения оптимального теплового состояния двигателя и его нормальной работы.

Большая часть отводимого тепла воспринимается системой охлаждения, меньшая — непосредственно окружающей средой. Тепло отводится двумя способами, в зависимости от рода используемого теплоносителя: жидкостью (жидкостная система охлаждения) или воздухом (воздушная система охлаждения).

Анализ работы системы охлаждения батареи выполняется по следующей методике.

Массовый расход воздуха через канал площадью B :

$$m = \rho \cdot B \cdot V_m, \quad (1)$$

где ρ — плотность воздуха, кг/м³;
 B — площадь канала, м²;
 V_m — скорость движения воздуха, м/с.

$$B = \frac{c \cdot b}{10^6}, \quad (2)$$

где c — ширина канала, мм;
 b — длина канала, мм.

Движение воздуха по каналу может быть ламинарным или турбулентным, для определения типа движения воздуха необходимо опираться на значение числа Рейнольдса (Re). Сопротивление движению воздуха в канале при ламинарном движении намного меньше, чем при турбулентном. Граница перехода определяется критическим числом Рейнольдса $Re=2000$.

Число Рейнольдса рассчитывается по формуле:

$$Re = \frac{V_m \cdot D_h}{\nu}, \quad (3)$$

где D_h — гидравлический диаметр для прямоугольного канала, м;
 V_m — средняя скорость движения воздуха в канале;
 ν — коэффициент кинематической вязкости, м²/с.

Гидравлический диаметр канала:

$$D_h = \frac{2 \cdot \Pi}{C_{\Pi}}, \quad (4)$$

где $\Pi = c \cdot b \cdot 10^{-6}$ — площадь поперечного сечения потока, м²;

$$C_{\Pi} = (c + b) \cdot 10^{-3} \text{ — смачиваемый периметр, м.}$$

Число Нуссельта вычисляется по разным формулам в зависимости от типа движения воздуха по каналу:

$$Nu_{\text{лам}} = 1,86(Re \cdot Pr)^{0,33} \cdot \left(\frac{D_h}{L_b}\right)^{0,33} \cdot \left(\frac{\mu_b}{\mu_s}\right)^{0,14} \quad (5)$$

$$Nu_{\text{турб}} = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,3}, \quad (6)$$

где $Pr = 0,71$ — число Прандтля;

L_b — высота ячейки, м;

μ_b — коэффициент динамической вязкости при $t=60^{\circ}\text{C}$;

μ_s — коэффициент динамической вязкости при $t=23^{\circ}\text{C}$.

Далее вычислим разность температур потока на выходе и входе канала:

$$\Delta T_1 = \frac{q_c}{m \cdot C_p}, \quad (7)$$

где q_c — тепловой поток, поступающий в канал, Вт;
 m — массовый расход воздуха через канал, кг/с;
 C_p — удельная теплоемкость при постоянном давлении, Дж/кг·град.

При $T_{b1}=23$ градуса на входе, можно вычислить температуру воздуха на выходе T_{b2} :

$$T_{b2} = \Delta T_1 + T_{b1}, \quad (8)$$

Для дальнейших расчетов необходимо знать величину h_c — коэффициента теплопередачи, который рассчитывается по формуле:

$$h_c = \frac{k \cdot Nu}{D_h}, \quad (9)$$

где $k = 0,0265$ — коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/м·°C;

Nu — число Нуссельта.

Теперь вычисляется разность средней температуры стенки и средней температуры потока на входе и выходе канала:

$$\Delta T_2 = \frac{q_c}{h_c \cdot A}, \quad (10)$$

где $A = 2 \cdot b \cdot 10^{-3} \cdot Lb$ — общая площадь поверхности контакта газа с теплопередающей поверхностью, м.

Рассчитаем температуру поверхности ячейки:

$$T_s = \Delta T_2 + \frac{T_{b1} + T_{b2}}{2}, \quad (11)$$

Важным параметром для расчета нагрева является средняя скорость движения воздуха в канале. Данный параметр можно увеличить с использованием дополнительных средств нагнетания воздуха в корпус ТАКБ. В основном для данных целей используются вентиляторы разных размеров.

Результаты математического моделирования

Для моделирования мы взяли аккумуляторы Sony типоразмера 18650, модель VTC6 рисунок 1. Заявленная емкость 3 Ач. Максимальный длительный ток — 15 А без контроля температуры и 30 А при условии ограничения максимальной температуры в 80 градусов.

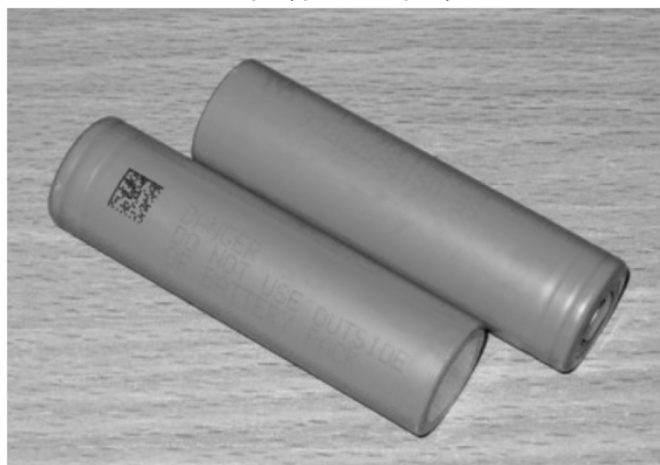


Рис. 1. Аккумулятор Sony типоразмера 18650, модель VTC6

Результаты математического моделирования представлены в таблице 1.

Согласно данным, таблицы 1 видно, что температура нагрева на поверхности элемента тяговой АКБ изменяется от скорости движения воздушного потока. Наиболее эффективное охлаждение будет при скорости движения

воздушного потока равным 15 м/с. На рисунке 2 представлен график зависимости нагрева поверхности элемента ТАКБ от скорости движения воздушного потока. Видно, что с увеличением скорости воздушного потока с 4 м/с до 15 м/с температура нагрева снижается соответственно с 70 °С до 40 °С.

Результаты компьютерного моделирования

В программе Ansys, пакет Steady-state thermal, создана модель Тяговой АКБ, для упрощения расчетов взяты 4 батарейки Sony типоразмера 18650, модель VTC6.

На рисунке 3 представлены исходные данные для разбиения исследуемой поверхности и тепловой поток, который выделяется одним элементом батареи (рисунок 4). Для нашей модели взят размер сетки 0,005 м и задан тепловой поток в 0,138 Вт. Скорость потока воздуха для модели 15 м/с. Заданная температура окружающей среды 23 °С.

На рисунке 5 представлены входные данные для моделирования нагрева ТАКБ.

На рисунке 6 представлен результат моделирования нагрева элемента №1.

На рисунке 6 представлена 3D модель нагрева одного элемента тяговой АКБ. Максимальная температура нагрева одного элемента составляет 38,94 °С. Из рисунка видно, что область максимального нагрева сосредоточена в точках соприкосновения с соседним элементом в области торца. Температура нагрева элемента колеблется в пределе 0,5 °С.

Заключение

Математическое моделирование позволяет узнать температуру поверхности элемента, которая близка к температуре внутри элемента. Данный расчет не учитывает особенности корпуса тяговой аккумуляторной батареи, однако дает возможность узнать предварительные параметры нагрева батареи для различных сборок. Мы получили результаты нагрева ТАКБ, зависящие от скорости охлаждения. Значение нагрева поверхности одного элемента составило 40 °С, при скорости охлаж-

Таблица 1.

Результаты математического моделирования нагрева аккумулятора Sony

u, м/с	Тип движения воздуха	Re	Nu	m, кг/с	hc Вт/м ² град	ΔT1	ΔT2	Ts
4,0	ламинарное	880,68	9,28	0,0005	63	43	66	70
5,0	ламинарное	1100,85	9,99	0,0007	68	34	57	65
10,0	турбулентное	2201,70	9,80	0,0014	67	17	40	44
15,0	турбулентное	3302,56	13,56	0,0020	92	11	34	40

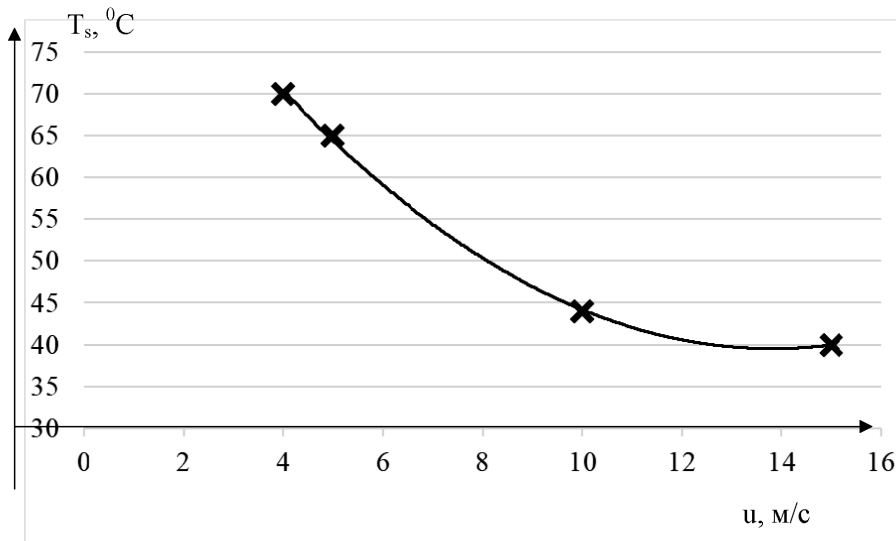


Рис. 2. График зависимости нагрева поверхности элемента ТАКБ от скорости движения воздуха

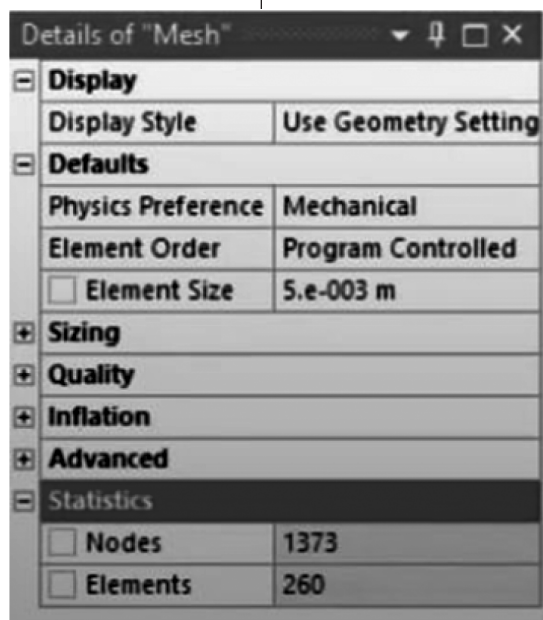


Рис. 3. Исходные данные для разбиения исследуемой поверхности

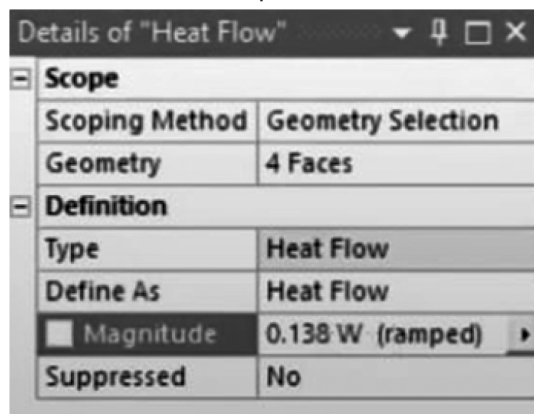


Рис. 4. Исходные данные теплового потока, выделяемый одним элементом

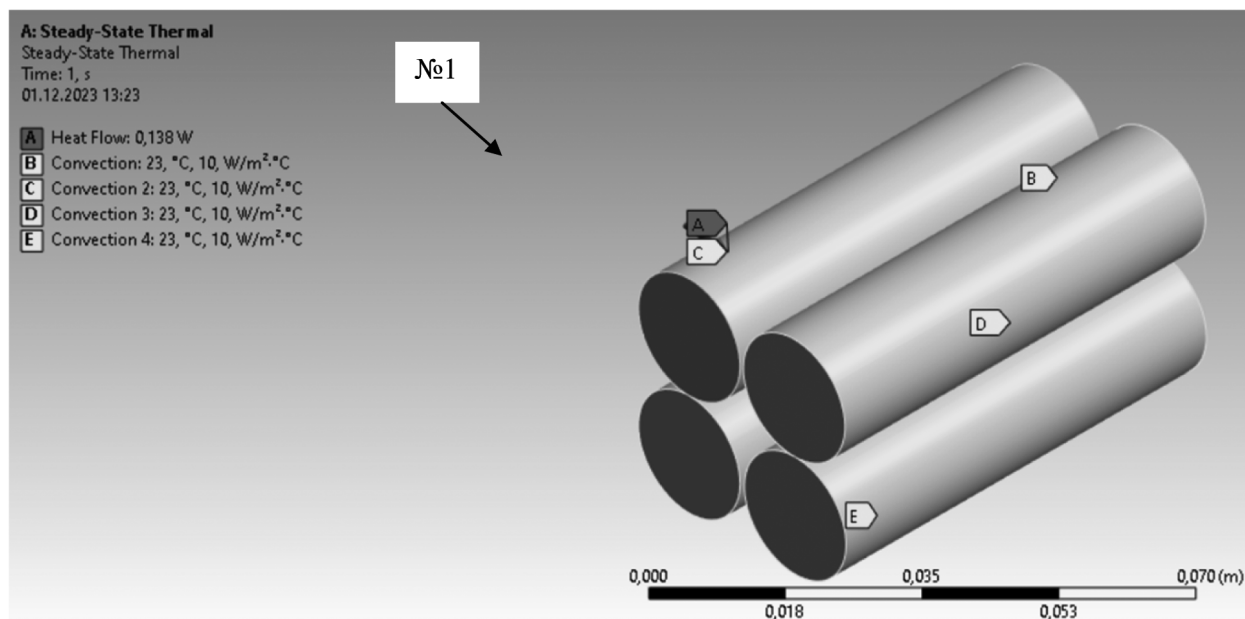


Рис. 5. Исходные данные для 3D модели нагрева тяговой АКБ

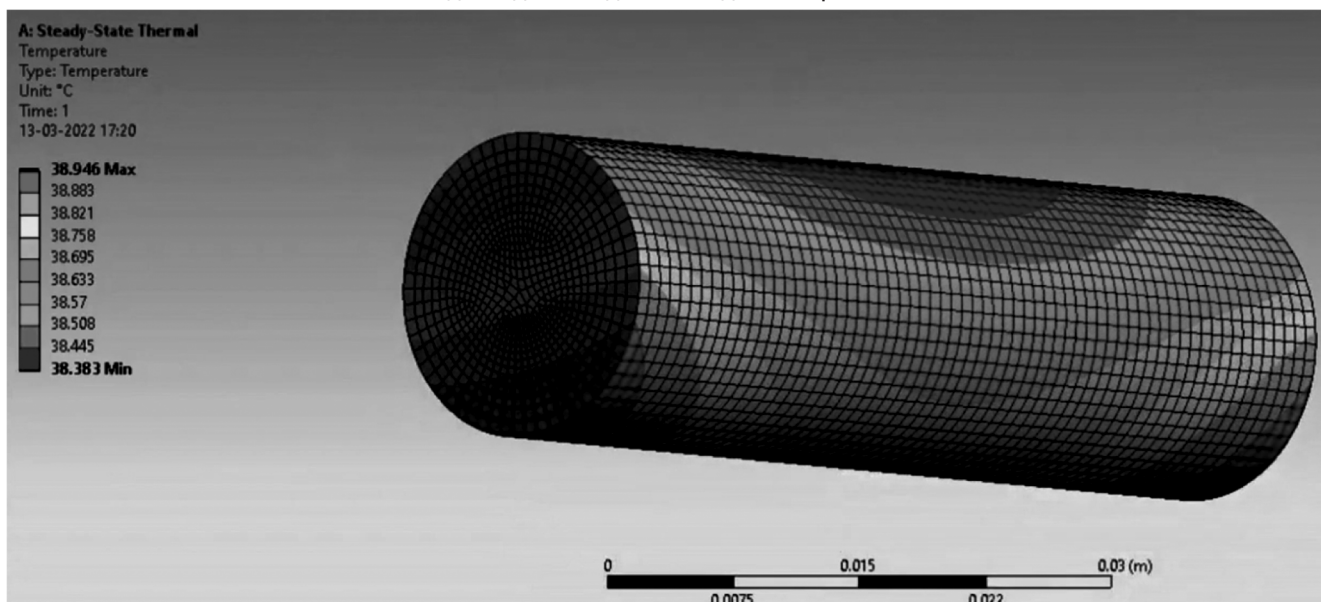


Рис. 6. Результат моделирования нагрева элемента №1 ТАКБ

дения в 15 м/с. Рекомендуемая скорость воздушного потока варьируется в диапазоне от 6 до 15 м/с, что составит интервал нагрева одного элемента с 40 °С до 60 °С.

Это позволяет в дальнейшем грамотно спроектировать конструкцию тяговой аккумуляторной батареи с учетом оптимального ее охлаждения с учетом работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Слабоспицкий Ростислав Павлович, Лукьянова Валентина Петровна, Хажмурадов Маип Ахмадович. Анализ и расчет системы охлаждения аккумуляторной батареи // Радиоэлектроника и информатика. 2011. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-i-raschet-sistemy-ohlazhdeniya-akkumulyatornoy-batarei> (дата обращения: 25.10.2023)
2. Кондратьев Александр Сергеевич, Ляцев Александр Викторович. Математическое моделирование: аналитические и вычислительные методы // КИО. 2007. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskoe-modelirovanie-analiticheskie-i-vychislitelnye-metody> (дата обращения: 21.10.2023).
3. Валухов С.Г., Кретинин А.В. Математическое моделирование гидродинамических процессов в проточной части центробежного насоса с использованием нейросетевых алгоритмов / Насосы. Турбины. Системы. 2011, № 1./
4. Пелевин А.Г., Шадрин В.В. Особенности использования модели вязкоупругого материала в программном комплексе ANSYS // Вестник Пермского университета. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2021. №3 (54). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-ispolzovaniya-modeli-vyazkouprugogo-materiala-v-programmnom-komplekse-ansys> (дата обращения: 20.10.2023).
5. Пугачев П.В. Расчет и проектирование лопастных гидромашин. Расчет вязкого течения в лопастных гидромашин с использованием пакета ANSYS CFX: учеб. пособие / П.В. Пугачев, Д.Г. Свобода, А.А. Жарковский. — СПб.: Изд-во Политехн. унта, 2016. — 120 с.
6. Обзор программного обеспечения для моделирования теплового нагрева тяговых электродвигателей и батарей / А.О. Школяренко, П.С. Ивандикова, В.А. Николаев [и др.] // Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов, ученых. — 2023. — Т. 11, № 1. — С. 66–70. — EDN IQELLW. Статьи по экспериментальной модели
7. Павлевич, А. AnsysMechanical APDL или AnsysMechanicalWorkbench? / А. Павлевич, Н. Староверов // САПР и графика. — 2020. — № 6(284). — С. 78–80. — EDN NNFHBO.
8. Обзор программного обеспечения для моделирования теплового нагрева тяговых электродвигателей и батарей / А.О. Школяренко, П.С. Ивандикова, В.А. Николаев [и др.] // Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов, ученых. — 2023. — Т. 11, № 1. — С. 66–70. — EDN IQELLW.
9. Martyushev, N.V.; Malozyomov, B.V.; Sorokova, S.N.; Efremkov, E.A.; Qi, M. Mathematical Modeling of the State of the Battery of Cargo Electric Vehicles. Mathematics 2023, 11, 536. <https://doi.org/10.3390/math11030536>
10. Доброго К.В., Бладыко Ю.В. Моделирование аккумуляторных батарей и их сборок с учетом деградации параметров // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2021. №1.
11. Скундин А.М., Современное состояние и перспективы развития исследований литиевых аккумуляторов / А.М. Скундин, О.Н. Ефимов, О.В. Ярмоленко // Успехи химии. — 2002 — №71 (4)
12. R Dshpande. Battery Cycle Life Prediction with Coupled Chemical Degradation and Fatigue Mechanics/Journal of The Electrochemical Society, 159 (10) A1730-A1738 (2012)
13. Проценко Н.А. Расчетно-экспериментальная оценка распределения температур в случае технологических сбоев в работе литий-ионного аккумулятора космического назначения / Н.А. Проценко, В.Ю. Лапшин, Ж.М. Бледнова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2010 — т.12, №4 (3)
14. Ганова Анастасия Сергеевна, Хмелев Роман Николаевич Сравнительный анализ характеристик тяговых аккумуляторов для современных электромобилей // Известия ТулГУ. Технические науки. 2020. №10.
15. Борисевич А.В. Моделирование литий-ионных аккумуляторов для систем управления батареями: обзор текущего состояния // Современная техника и технологии. 2014. № 5 [Электронный ресурс]. URL: <http://technology.snauka.ru/2014/05/3542> (дата обращения: 20.11.2023)

© Школяренко Анастасия Олеговна (lady.shkolyarenko@mail.ru); Ивандикова Полина Сергеевна (ivandikova@bk.ru);
Илимбетов Рафаэль Юрикович (ilimbay@yandex.ru); Николаев Владислав Андреевич (mr.vlad10a@mail.ru);
Аленов Ален Жаксклыкович (alenalenov00@icloud.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСТЕОПОРОЗ И ОСТЕОПЕНИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ХОБЛ

OSTEOPOROSIS AND OSTEOPENIA
IN PATIENTS WITH COPD

A. Asanbaeva

Summary. The high incidence of osteopenia/osteoporosis in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) determines the methodological and social significance of this problem. First of all, it should be noted the negative impact on the quality of life caused by spontaneous fractures. The literature data presents the main facts about the risk of developing osteopenia/osteoporosis in patients with COPD. Their study allows us to optimize the approach to the management of this cohort of patients.

Keywords: chronic obstructive pulmonary disease, osteoporosis, osteopenia, quality of life, high altitude.

Введение

Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) является одной из вторичных причин остеопороза. Общая глобальная распространенность остеопороза среди людей с ХОБЛ составляет 38 %. Остеопороз является одним из распространенных сопутствующих заболеваний, влияющих на стоимость стационарного лечения ХОБЛ. Переломы, обусловленные наличием остеопороза у пациентов с ХОБЛ, связаны со снижением качества жизни и увеличением смертности данной группы больных.

Механизмы возникновения остеопороза у пациентов с ХОБЛ в основном неизвестны. Можно перечислить общие факторы риска, такие как пожилой возраст, курение, низкий индекс массы тела (ИМТ), снижение физической активности, а также факторы риска, специфичные для заболевания: системное воспаление, легочная дисфункция, использование глюкокортикоидов и недостаточность/дефицит витамина D.

Наличие остеопении/osteoporоза у пациентов с ХОБЛ оказывает значимое негативное влияние на качество их жизни, социализацию и трудовую деятельность. Это определяет данные коморбидные состояния как социально значимые.

В связи с этим, изучение проблемы развития остеопороза и остеопении у пациентов, страдающих ХОБЛ является перспективным направлением.

Цель работы — Изучение проблемы развития остеопороза и остеопении у пациентов, страдающих ХОБЛ.

Асанбаева Анара Абдимиталиповна

Аспирант, Кыргызская государственная медицинская академия имени И.К. Ахунбаева
anaram08@mail.ru

Аннотация. Высокая частота встречаемости остеопении/osteoporоза у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) определяет методико-социальную значимость данной проблемы. Прежде всего следует отметить негативное влияние на качество жизни, обусловленное спонтанными переломами. В литературных данных представлены основные факторы риска развития остеопении/osteoporоза у больных с ХОБЛ. Их изучение позволяет оптимизировать подход к ведению данной когорты больных.

Ключевые слова: хроническая обструктивная болезнь легких, остеопороз, остеопения, качество жизни, высокогорье.

ХОБЛ — патология с высокой заболеваемостью и смертностью [1]. Во всем мире ХОБЛ страдают примерно 300 миллионов человек, распространенность составляет примерно 12,2 % [1,2]. Данное заболевание представляет собой пятую по значимости причину смертности во всем мире, и, по оценкам, к 2030 году оно станет четвертой [2].

Несмотря на тот факт, что курение табака считается основным фактором риска развития ХОБЛ, данным заболеванием страдают только примерно 45–50 % курильщиков [3]. Около 25–45 % пациентов с ХОБЛ никогда не курили, при этом все больше данных показывают, что другие факторы риска, такие как инфекции дыхательных путей, голодание, хронические патологические процессы, плохой социально-экономический статус, имеют важное значение для развития заболевания [4].

Остеопороз также относится к группе распространенных заболеваний во всем мире. Определяется по оценке минеральной плотности костной ткани (МПКТ) [5].

Распространенность остеопороза позвоночника и бедра была следующей: 26,3 % в Японии, 21 % в США, 14,3 % в Германии, 9,9 % во Франции, 9,7 % в Италии, 7,8 % в Великобритании, 6,3 % в Испании, 2,6 % в Канаде и 2 % в Австралии. В целом число людей с остеопорозом оценивается в 49 миллионов.

По данным результатов исследований, взятых со следующих баз данных: PubMed, Science Direct, Web of Science, Scopus, Magiran и Google Scholar, исследователями сообщалось, что распространенность остеопороза

среди женщин в мире составила 23,1 (95 % ДИ 19,8–26,9), а среди мужчин — 11,7 (95 % ДИ 9,6–14,1). Результаты анализа подгрупп также показывают, что среди мужчин наибольшая распространенность остеопороза наблюдалась в Азии, а среди женщин — в Африке.

Самая высокая распространенность остеопороза в исследованиях, изученных в Иране — 77,3 %, а самая низкая распространенность — в канадском исследовании — 1,07 % [6].

Остеопороз классифицируют на первичный (включает тип I и тип II) и вторичный. Первичный остеопороз наблюдается у женщин в постменопаузе, мужчин и женщин старше 70 лет вследствие старения. Вторичный остеопороз вызван заболеваниями, лечением или идиопатическими причинами. К заболеваниям, вызывающим вторичный остеопороз, относятся системные заболевания, эндокринные заболевания и злокачественные новообразования.

Многими исследователями в своих работах была проанализирована частота распространения остеопении/остеопороза у пациентов с ХОБЛ (Таблица 1) [7, 8, 9, 10, 11].

Таблица 1.

Распространенность остеопении/остеопороза, оцениваемой по данным рентгенологического исследования у пациентов с ХОБЛ

Исследование	Количество пациентов	Пол М/Ж	Возраст	Количество пациентов с остеопенией	Количество пациентов с остеопорозом
Graat-Verboom et al.	775	67/33	63	27 %–67 %	9 %–69 %
Watanabe et al.	136	136/0	71	43 %	39 %
Ferguson et al.	658	382/276	65	42 %	23 %
Silva et al.	95	62/33	67	42 %	42 %
Ogura-Tomomatsu et al.	85	78/7	75	22 %	24 %
Katsura and Kida	20	0/20	72	—	50 %

Таблица 2.

Факторы риска развития остеопороза у больных с ХОБЛ

Факторы риска	Пояснение
Дефицит витамина D	Дефицит витамина D характеризуется низким уровнем 25(OH)D в сыворотке, что приводит к снижению уровня кальция в сыворотке и компенсаторному повышению уровня паратгормона (ПТГ) в сыворотке. ПТГ усиливает выработку кальцитриола путем стимуляции фермента 1- α -гидроксилазы в проксимальных извитых канальцах. Кальцитриол увеличивает всасывание кальция и фосфатов в кишечнике. Кальцитриол увеличивает экспрессию RANKL на поверхности остеобластов, что приводит к усилению взаимодействия RANK/RANKL. Взаимодействие RANK/RANKL вызывает резорбцию кости и последующее снижение МПК. Резорбция кости приводит к повышению уровня кальция в сыворотке крови.
Использование кортикостероидов	Остеопороз, вызванный глюкокортикостероидами (ГКС), протекает в две фазы: быстрая фаза потери костной массы за счет остеокластов, опосредованная резорбцией кости, за которой следует более поздняя фаза потери костной массы, вызванная снижением костеобразования. ГКС оказывают действие как на остеобласты, так и на остеокласты при остеопорозе, но наиболее важным эффектом является ингибирование функций остеобластов. ГКС нарушают рекрутирование и активность остеобластов и способствуют апоптозу остеобластов и остеоцитов. Они влияют как на трабекулярное, так и на кортикальное костное образование, но трабекулярная кость первоначально поражается сильнее, чем кортикальная кость.
Низкий индекс массы тела	Низкий индекс массы тела (ИМТ) признан ключевым фактором риска низкой МПКТ и будущего риска хрупких переломов, тогда как высокий ИМТ защищает от остеопороза. Изменения в составе тела являются важными физиологическими нарушениями у больных ХОБЛ.
Анемия	Патофизиологическая связь между анемией и остеопорозом не ясна; однако эксперименты на людях и животных позволяют предположить роль гипоксии, связанной с анемией, как потенциального механизма развития остеопороза.
Снижение физической активности	Физическая активность способствует увеличению МПК. Физические упражнения снижают возрастное снижение МПК примерно на 1% в год у женщин в постменопаузе.
Обострения ХОБЛ	Обострения ХОБЛ связаны с усилением воспаления, гипоксией, дисбалансом протеаз/антипротеаз и окислительным стрессом; все это может способствовать усилению резорбции кости, о чем свидетельствует повышенный уровень фрагментов коллагена I типа, что является предиктором потери костной массы.
Курение	Курение вызывает остеопороз по нескольким потенциальным механизмам: изменение метаболизма кальцитропного гормона; нарушение регуляции производства, метаболизма и связывания эстрадиола; измененный метаболизм гормона коры надпочечников; влияние на систему RANK–RANKL–OPG; и влияние на метаболизм коллагена и костный ангиогенез

Факторы риска остеопороза делятся на две категории: модифицируемые и немодифицируемые. Вес, курение, употребление алкоголя, отсутствие физической активности, дефицит кальция в пище и длительное применение глюкокортикоидов входят в число факторов риска для модифицируемой группы факторов риска остеопороза. Пол, возраст, раса и генетические характеристики входят в число факторов немодифицируемых факторов риска остеопороза. Данные факторы также соотносятся с гендерными характеристиками. Например, у женщин факторами риска остеопороза являются преждевременная менопауза и потеря функции яичников до наступления менопаузы.

В обзоре Yu-Lin Tsai et al. исследователями в 58 исследованиях с 8753 участниками с ХОБЛ были количественно синтезированы текущие данные о распространенности и факторах риска остеопороза при ХОБЛ, продемонстрирована его общая глобальная распространенность 38 % (Таблица 2) [12,13,14,15,16,17].

Результаты исследований по влиянию гипоксии на основные клетки костного ремоделирования противоречивы. Вместе с тем, показано, что воздействие гипоксии

подавляет дифференцировку и активацию остеобластов и индуцирует активацию и активность остеокластов, в результате чего происходит изменение микроархитектоники кости, снижение ее прочности, что способствует повышенному риску остеопоротических переломов/ Гипоксическая среда задерживает рост и дифференцировку остеобластов и подавляет остеобластогенез, в 10 раз снижает костеобразующую активность остеобластов. Ряд исследований продемонстрировали, что воздействие 2 % кислорода увеличивает активность остеокластов в 21 раз, а образование ямок резорбции — в 10 раз [19,20]. В связи с этим, место проживания (например, высокогорье) также оказывает влияние на вероятность развития остеопороза у пациентов, страдающих ХОБЛ.

Вывод

Наличие остеопении/остеопороза у пациентов с ХОБЛ обусловлено рядом факторов (дефицит витамина D, использование кортикостероидов, низкий индекс массы тела, анемия, снижение физической активности, курение и др.). Место проживания также может оказывать неблагоприятное воздействие на состояние костной ткани у данной группы пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Olortegui-Rodriguez, J.J., Soriano-Moreno, D.R., Benites-Bullón, A. et al. Prevalence and incidence of chronic obstructive pulmonary disease in Latin America and the Caribbean: a systematic review and meta-analysis. *BMC Pulm Med* 22, 273 (2022). <https://doi.org/10.1186/s12890-022-02067-y>
2. Ruvuna L, Sood A. Epidemiology of chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Chest Med*. 2020;41:315–27.
3. World Health Organization. Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) [Internet]. 2021 [cited 2021 Aug 10]. Available from: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-\(copd\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-(copd)).
4. Iheanacho I, Zhang S, King D, Rizzo M, Ismaila AS. Economic burden of chronic obstructive pulmonary disease (COPD): a systematic literature review. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2020;15:439–60.
5. Salari, N., Ghasemi, H., Mohammadi, L. et al. The global prevalence of osteoporosis in the world: a comprehensive systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg Res* 16, 609 (2021). <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02772-0>.
6. Noel SE, Mangano KM, Griffith JL, Wright NC, Dawson-Hughes B, Tucker KL. Prevalence of osteoporosis and low bone mass among Puerto Rican older adults. *J Bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res*. 2018;33(3):396–403.
7. Graat-Verboom L, Wouters EF, Smeenk FW, et al. Current status of research on osteoporosis in COPD: a systematic review. *Eur Respir J*. 2009;34(1):209–218.
8. Watanabe R, Tanaka T, Aita K, et al. Osteoporosis is highly prevalent in Japanese males with chronic obstructive pulmonary disease and is associated with deteriorated pulmonary function. *J Bone Miner Metab*. 2015;33(4):392–400.
9. Ferguson GT, Calverley PM, Anderson JA, et al. Prevalence and progression of osteoporosis in patients with COPD: results from the towards a revolution in COPD Health study. *Chest*. 2009;136(6):1456–1465.
10. Silva DR, Coelho AC, Dumke A, et al. Osteoporosis prevalence and associated factors in patients with COPD: a cross-sectional study. *Respir Care*. 2011;56(7):961–968.
11. Ogura-Tomomatsu H, Asano K, Tomomatsu K, et al. Predictors of osteoporosis and vertebral fractures in patients presenting with moderate-to-severe chronic obstructive lung disease. *COPD*. 2012;9(4):332–337.
12. Yu-Lin Tsai, Hao-Ping Wang, Da-Wei Wu, Jiun-Chi Huang, Pei-Yu Wu, Szu-Chia Chen, Low Lung Function Is Associated with Low Baseline Calcaneus Ultrasound T-Score but a Slow Decline in T-Score in a Taiwanese Follow-Up Population with No History of Smoking, Bronchitis, Emphysema, or Asthma, *Journal of Personalized Medicine*, 10.3390/jpm13050795, 13, 5, (795), (2023).
13. Li Y, Gao H, Zhao L, Wang J. Osteoporosis in COPD patients: Risk factors and pulmonary rehabilitation. *Clin Respir J*. 2022 Jul;16(7):487–496. doi: 10.1111/crj.13514. Epub 2022 Jun 10. PMID: 35688435; PMCID: PMC9329018.
14. Cecins, E., Cavalheri, V., Taaffe, D.R., Hill, A.M., Hug, S., & Hill, K. (2022). Prevalence of suspected poor bone health in people with chronic obstructive pulmonary disease—A cross-sectional exploratory study. *Chronic Respiratory Disease*, 19, 1–4. <https://doi.org/10.1177/14799731221120429> This Journal Article is posted at Research Online. <https://ro.ecu.edu.au/ecuworks2022-2026/1292>

15. Павленко В.И., Щегорцова Ю.Ю., Бакина А.А. Хроническая обструктивная болезнь легких и остеопороз: современное состояние проблемы. Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2023;(88):135-146. <https://doi.org/10.36604/1998-5029-2023-88-135-146>
16. Васильева Л.В., Беззубцева Е.Н., Гостева Е.В., Евстратова Е.Ф. Роль генетических и метаболических нарушений при остеопорозе. Медицинский вестник Юга России. 2021;12(1):6-13. <https://doi.org/10.21886/2219-8075-2021-12-1-6-13>
17. Фазуллина О.Н., Климонтов В.В., Коненков В.И., Шевченко А.В., Прокофьев В.Ф., Цепилов Я.А. Ассоциации полиморфизмов генов цитокинов и матричных металлопротеиназ с минеральной плотностью костной ткани у женщин в постменопаузе с сахарным диабетом 2 типа. Сахарный диабет. 2018;21(1):26-33. <https://doi.org/10.14341/DM8825>
18. Ховасова Н.О., Наумов А.В., Ткачева О.Н., Дудинская Е.Н. Характеристика гериатрического и соматического статуса у пациентов с остеопорозом. Проблемы Эндокринологии. 2021;67(3):45-54. <https://doi.org/10.14341/probl12751>
19. Knowles H.J. Distinct roles for the hypoxia-inducible transcription factors HIF-1 α and HIF-2 α in human osteoclast formation and function. // Sci. Rep. — 2020. — V. 10. — P. 21072.
20. Usategui-Martín R., Rigual R., Ruiz-Mambrilla M., et al. Molecular Mechanisms Involved in Hypoxia-Induced Alterations in Bone Remodeling. // Int J Mol Sci. — 2022. — V. 23(6). — P. 3233.

© Асанбаева Анара Абдимиталиповна (anaram08@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВОСПАЛИТЕЛЬНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ ОРГАНОВ МАЛОГО ТАЗА: СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ДИАГНОСТИКЕ И ТЕРАПИИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

INFLAMMATORY DISEASES OF THE PELVIC ORGANS: MODERN APPROACH TO DIAGNOSIS AND THERAPY (LITERATURE REVIEW)

**S. Ahmedova
N. Omarov**

Summary. This article examines modern approaches to the diagnosis and treatment of inflammatory diseases of the pelvic organs. The most effective diagnostic methods are ultrasound, along with physical examination and laboratory research methods. Empiric antibiotic therapy is effective in treatment. It has been determined that the bulk of research is aimed at studying the diagnostic criteria for inflammatory diseases. Modern approaches to therapy showing clinical effectiveness have not been sufficiently studied.

Keywords: inflammatory diseases of the pelvic organs, reproductive system, polymicrobial association, diagnosis, antibiotic therapy.

Ахмедова Саида Рафиковна

Кандидат медицинских наук, доцент, «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ
saida.ahmedova2017@yandex.ru

Омаров Наби Султан-Мурадович

Доктор медицинских наук, профессор, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ.
sitoru@gmail.com

Аннотация. В настоящей статье изучены современные подходы к диагностике и терапии воспалительных заболеваний органов малого таза.

Наиболее результативным методом диагностики является ультразвуковое исследование, наряду с физикальным осмотром и лабораторными методами. Эффективность в лечении показывает эмпирическая антибиотикотерапия. Определено, что основная масса исследований направлена на изучение диагностических критериев воспалительных заболеваний. Современные подходы к терапии, показывающие клиническую эффективность, изучены недостаточно.

Ключевые слова: воспалительные заболевания органов малого таза, репродуктивная система, полимикробная ассоциация, диагностика, антибиотикотерапия.

Воспалительные заболевания органов малого таза (ВЗОМТ) у женщин считается актуальной проблемой. По статистике данная группа заболеваний встречается в 60–65 % случаев, причем около половины требуют стационарного лечения [2]. Наблюдается рост заболеваемости в возрастной группе 18–30 лет, что представляет собой не только медицинскую, но и социальную и экономическую значимость. Доказано, что ВЗОМТ оказывают негативное влияние на репродуктивное здоровье [5]. У каждой четвертой женщины с диагнозом ВЗОМТ развиваются такие осложнения, как бесплодие, прерывание беременности, внематочная беременность, фетоплацентарная недостаточность и синдром хронической тазовой боли [12, 20, 27]. В результате происходит повышение затрат на диагностические и лечебные мероприятия среди женщин [25].

В настоящей статье проанализированы современные отечественные и зарубежные исследования, посвященные вопросу диагностики и лечения ВЗОМТ. Выбраны наиболее актуальные и достоверные работы, показывающие практическую значимость.

ВЗОМТ — воспалительные заболевания, локализуемые в верхнем отделе женской половой системы [2].

В данную группу заболеваний входят генитальный эндометрит, параметрит, сальпингит, оофорит, tuboовариальный абсцесс, пельвиперитонит и их сочетания.

Ведущим этиологическим фактором ВЗОМТ являются микроорганизмы. В литературе приводится разделение патогенов: абсолютные (*Neisseria gonorrhoeae*, *Chlamydia trachomatis*, *Trichomonas vaginalis*), условно-патогенные при снижении иммунитета (*Bacteroides* spp., *Peptostreptococcus* spp., *Prevotella* spp., *Escherichia coli*, *Gardnerella vaginalis*, *Streptococcus* spp. и другие). Некоторые исследователи подчеркивают, что наиболее часто причиной заболеваний становятся полимикробные ассоциации [29]. Считается, что ВЗОМТ могут быть вызваны не только бактериями, но и вирусами (*Herpes simplex virus*, *Cytomegalovirus hominis*, *Hepatitis B virus*, *Papillomavirus hominis* и другие), простейшими (*Entamoeba histolytica*, *Lambliia intestinalis*, *Trichomonas vaginalis*) и грибами (*Candida albicans*) [3, 9, 25].

Существуют различные факторы, которые повышают риск развития ВЗОМТ. К ним относят молодой возраст (до 25 лет), частая смена половых партнеров и отсутствие защиты, наличие инфекций, передающихся половым путем в анамнезе, акушерские и гинекологические

операции и внутриматочные диагностические манипуляции, а также введение внутриматочной спирали в течение последних 3 недель, менструация (сразу после ее окончания) [2, 9, 18, 28].

В патогенезе ВЗОМТ восходящий путь инфекции является основным. Проникновение возбудителя может осуществляться с помощью движения сперматозоидов, трихомонад, также возможен пассивный транспорт [20, 15].

Понимание факторов риска, причины и патогенеза ВЗОМТ позволяет использовать необходимые диагностические методы, по результатам которых осуществляется лечение пациентов.

Диагностика ВЗОМТ осложнена ввиду разнообразия клинических проявлений, схожестью симптоматики других групп заболеваний, отсутствия симптомов и нарушения общего состояния, которое вызывает трудности в дифференциации жалоб [16]. По статистическим данным стертая форма воспалительных заболеваний протекает в 25,7 % случаев [10]. Обобщая литературные данные, можно выделить наиболее значимые для диагностики критерии (табл.1) [12, 14, 16, 26].

Таблица 1.

Диагностические критерии ВЗОМТ

Минимальные	Дополнительные	Основные
Болезненность при пальпации в нижних отделах	Повышение температуры тела выше 38	Сонографическое и бимануальное подтверждение tuboовариальных образований
Болезненные тракции шейки матки	В ОАК (общий анализ крови) лейкоцитоз (более 10 тыс. в мм ³), повышение СОЭ (скорость оседания эритроцитов) и С-реактивного белка	Лапароскопическая картина ВЗОМТ
Диспареуния	Гнойные и кровяные выделения из влагалища	
Аномальные вагинальные кровотечения	Лабораторное подтверждение цервикальной инфекции	

Диагностические мероприятия ВЗОМТ в последнее время не претерпели изменений, они включают сбор анамнеза, клинический осмотр, лабораторно-инструментальные методы исследования. В зависимости от наличия жалоб, объем диагностики может изменяться [5].

Физикальное обследование служит неотъемлемым этапом в диагностике ВЗОМТ и включает: оценку состояния кожных покровов и слизистых оболочек, измерение температуры тела, ЧСС (частота сердечных сокращений), ЧДД (частота дыхательных движений), АД (артериальное

давление), пальпацию живота, осмотр наружных половых органов, шейки матки с помощью зеркал, бимануальное влагалищное исследование. Перечисленные методы позволяют предположить наличие воспалительного процесса, определить пальпируемое патологическое образование в области придатков матки, заподозрить начало развития пельвиоеритонита. Физикальный осмотр не является достоверным методом диагностики воспалительных заболеваний у женщин [1, 13, 19].

При подозрении на ВЗОМТ всем пациентам рекомендован общий анализ крови (ОАК), по результатам которого определяется наличие лейкоцитоза, повышение СОЭ и С-реактивного белка, анемия. При отсутствии изменений в ОАК наличие ВЗОМТ не исключается и может свидетельствовать о легкой форме заболевания [2, 19].

Некоторые исследователи подчеркивают необходимость определения уровня цитокинов с помощью ИФА (иммуноферментный анализ), поскольку повышение их концентрации (в частности интерлейкин-1, интерлейкин-2, интерлейкин-3, фактор некроза опухоли-альфа, фактор некроза опухоли-бета, интерферон-гамма) свидетельствует о воспалительных процессах, связанных с репродуктивной системой женщин [1].

Установлено, что при хроническом течении ВЗОМТ, возбудитель которых передается половым путем, диагностируется повышение концентрации антиспермальных антител, которые в свою очередь способствуют увеличению уровня иммуноглобулинов классов А, М, G в цервикальной жидкости [1, 7].

На сегодняшний день при подозрении на ВЗОМТ всем женщинам рекомендуется проведение исследования антител к ВИЧ, гепатиту В и С, антител суммарных классов к бледной трепонеме, ПЦР (полимеразная цепная реакция) для определения возбудителей ИППП (инфекции, передаваемые половым путем) [2].

Кроме того, в обязательный перечень лабораторной диагностики входит определение патологической микрофлоры цервикального канала и выявление чувствительности к антибиотикам [18].

Некоторые авторы отмечают, что при подозрении на tuboовариальный процесс необходимо определение уровня хорионического гонадотропина, который позволяет дифференцировать воспалительное заболевание от внематочной беременности при наличии нарушений менструального цикла [19].

Современные исследования, посвященные изучению тяжелых случаев ВЗОМТ и развития сепсиса в гинекологии, способствуют увеличению частоты выявления уровня прокальцитонина во врачебной практике,

предотвращая негативные последствия для здоровья пациенток [23].

УЗИ (ультразвуковое исследование) органов малого таза является наиболее информативным методом диагностики ВЗОМТ и назначается всем женщинам. На практике специалисты отдают предпочтение УЗИ с помощью трансвагинального датчика [12]. Отсутствие признаков воспалительных процессов не исключает наличие заболевания. Для исключения рекомендовано МРТ (магнитно-резонансная томография), особенно при тяжелом течении заболевания, обширного спаечного процесса вследствие оперативных вмешательств в анамнезе [11, 28].

Также может назначаться диагностическая лапароскопия с целью дифференцирования заболевания и при неэффективности консервативного лечения [2, 5, 20]. Данный метод диагностики сегодня назначается редко ввиду информативности других способов диагностирования.

Выбор лечебной тактики основывается на результатах диагностических мероприятий, стадии и локализации воспалительного процесса. В зависимости от окончательного диагноза лечение может быть как медикаментозным, так и хирургическим.

Установлено, что основной причиной ВЗОМТ является патогенная микрофлора, предпочтение отдается антибактериальной терапии. Причем необходимо учитывать наличие полимикробных ассоциаций. В настоящее время отсутствуют клинические исследования, которые доказывают эффективность и адекватность тех или иных препаратов и их сочетания при лечении ВЗОМТ.

В научном сообществе приняты 2 общие схемы элиминации всех возможных возбудителей [2, 5, 12, 14, 16–18, 20–22]:

1 курс антибиотикотерапии, рассчитанный на 7 дней: азитромицин + производные нитромидазола;

2 курс антибиотикотерапии назначается курсом на 14 дней: цефалоспорины II и III поколения + производные нитроимидазола + тетрациклины; цефалоспорины II и III поколения + производные нитроимидазола + фторхинолоны; амоксициллин-клавуланат + тетрациклины/фторхинолоны.

При установлении точного возбудителя заболевания используются специфические препараты. Так, при выявлении анаэробных микроорганизмов (*Bacteroides*, *Peptostreptococcus*) эффективным препаратом является митранидазол, при выявлении грамположительных (*Staphylococcus*, *Streptococcus*) — амоксициллин и макролиды. Также для данных групп могут назначаться клиндамицин и линкомицин [17, 21–22]. При обнаружении грамотрицательных микроорганизмов (*E. coli*, *Neisseria gonorrhoeae*) эффективны цефалоспорины III поколения. Для лечения хламидий (*Chlamydia trachomatis*) используются макролиды и доксициклин [6, 18]. Другие методы медикаментозного лечения подбираются в зависимости от состояния пациентки и симптоматики [2].

Исследования, проводимые с целью изучения возбудителей ВЗОМТ, их устойчивости к антибиотикам и другим средствам, мутации, показывают, что при медикаментозной терапии необходимо придерживаться определенных принципов: направленность на конкретного возбудителя; контроль эффективности в течение 48–72 часов; адекватный режим дозирования [20].

Выбор тактики хирургического лечения зависит от возраста пациентки, состояния репродуктивных функций, тяжести заболевания, наличия осложнений. Показаниями для оперативного вмешательства являются отсутствие эффекта от консервативного лечения, наличие гнойного tuboовариального образования. На сегодняшний день адекватная схема антибиотикотерапии позволяет проводить преимущественно органосохраняющие операции [6].

Пациенткам с ВЗОМТ рекомендуется избегание половых контактов на всем протяжении лечения [2].

Таким образом, воспалительные заболевания органов малого таза являются распространенной и опасной патологией для женщин репродуктивного возраста. Современное состояние науки позволяет достоверно диагностировать патологию, по результатам которого выбирается эффективный метод лечения. Несмотря на это, ввиду скрытых форм ВЗОМТ и не специфичности симптоматики, диагноз выставляется не своевременно, что затрудняет подбор терапии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брагина Т.В., Петров Ю.А., Палиева Н.В. Воспалительные заболевания органов малого таза как одна из причин женского бесплодия // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». 2021. № 12 (23). С. 77–85.
2. Воспалительные болезни женских тазовых органов. Клинические рекомендации / Министерство здравоохранения Российской Федерации. 2021. 46 с.
3. Воспалительные заболевания органов малого таза / М.А. Паламаренко, Е.С. Соколова, Е.С. Корякин, А.А. Новикова // Аллея науки. 2021. № 5 (56). С. 116–119.
4. Воспалительные заболевания органов малого таза и их терапия в амбулаторных условиях / В.В. Скворцов, Е.М. Скворцова, И.Ю. Стаценко, О.В. Разваляева, Е.А. Дурноглазова // Врач. 2022. № (8). 19–22.
5. Гинекология: национальное руководство / под ред. Г.М. Савельевой, Г.Т. Сухих, В.Н. Серова и др. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017. 704 с.
6. Доманова Е.В. Возможности повышения эффективности и переносимости антимикробной терапии воспалительных заболеваний органов малого таза в практике амбулаторного акушерства // Лечащий врач. 2019. № (4). С. 1–6.
7. Конопля А.А., Иванова О.Ю., Елагина К.А. Иммунные и метаболические нарушения на системном и локальном уровне при бесплодии трубно-перитонеального генеза // Курский научно-практический вестник Человек и его здоровье. 2019. № (3). С. 63–72.
8. Кузьмин В.Н. Новые подходы в лечении воспалительных заболеваний органов малого таза у женщин // Акушерство и гинекология: Новости. Мнения. Обучения. 2022. № 3. С. 92–95.
9. Кузнецов Р.Э., Скрипчинко Д.В. Воспалительные заболевания органов малого таза: состояние проблемы // Consilium Medicum. 2019. № 21 (6). С. 92–97.
10. Мукизмз-Ода Т.М., Ходжамуродова Д.А. Воспалительные заболевания органов малого таза и длительное использование внутриматочной контрацепции (клинический случай) // Медицинский алфавит. 2019. № 14 (389). С. 47–51.
11. Нурадилова Д.М. Современный взгляд на проблему воспалительных заболеваний органов малого таза у женщин репродуктивного возраста (обзор литературы) // Вестник Казахского Национального медицинского университета. 2015. № (4). С. 21–27.
12. Пестрикова Т.Ю., Юрасов И.В., Юрасова Е.А. Воспалительные заболевания органов малого таза: современные тренды диагностики и терапии (обзор литературы) // Gynecology. 2018. № 6. С. 35–41.
13. Петров Ю.А. Результаты иммуно-микробиологической составляющей в генезе хронического эндометрита // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2011. № 3 (39). С. 50–53.
14. Российское общество акушеров-гинекологов. Клинические рекомендации Воспалительные болезни женских тазовых органов. 2021. 113 с.
15. Селихова М.С., Солтыс П.А. Современные акценты в диагностике воспалительных заболеваний органов малого таза // Архив акушерства и гинекологии им. В. Ф. Снегирева. 2020. № 7 (1). С. 37–43.
16. Серов В.Н., Дубницкая Л.В., Тютюнник В.Л. Воспалительные заболевания органов малого таза: диагностические критерии и принципы лечения // Рус. мед. журн. Мать и дитя. 2011. № 19 (1). С. 46–50.
17. Сехин С.В. Антибактериальная терапия воспалительных заболеваний органов малого таза: рациональный выбор в российских условиях // РМЖ. Мать и дитя. 2014. № (1). 83–86.
18. Скворцов В.В., Скворцова Е.М., Бангаров Р.Ю., Матвеев Н.Д. Современные представления о диагностике и лечении воспалительных заболеваний органов малого таза // Лечащий врач. 2022. № (5-6). С. 9–13.
19. Уткин Е.В. Воспалительные заболевания органов малого таза у женщин: современные особенности клиники, диагностики и терапии // Мать и дитя в Кузбассе. 2009. № 3 (38). С. 9–16.
20. Юрасов И.В. Современные аспекты тактики при воспалительных заболеваниях органов малого таза у женщин: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Волгоград, 2015. 267 с.
21. Яковлев С.В. Новая концепция рационального применения антибиотиков в амбулаторной практике // Антибиотики и химиотерапия. 2019. № 3-4 (64). С. 48–58.
22. Antibiotic therapy for pelvic inflammatory disease / R.F. Savaris, D.G. Fuhrich, J. Maissiat, R.V. Duarte, J. Ross // Cochrane Database Syst Rev. 2020. Vol. P. 8 (8).
23. Erenel H., Yilmaz N., Oncul M., et al. Usefulness of Serum Procalcitonin Levels in Predicting Tubo-Ovarian Abscess in Patients with Acute Pelvic Inflammatory Disease // Gynecol Obstet Invest. 2017. Vol. 82(3). P. 262–266.
24. European guideline for the management of pelvic inflammatory disease / J. Ross, S. Guaschino, M. Cusini, J. Jensen // PubMed. 2018. Vol. 29 (2). P. 108–114.
25. Goje O., Markwei M., Kollikonda S. et al. Outcomes of minimally invasive management of tubo-ovarian abscess: A systematic review // J Minim Invasive Gynecol. 2021. Vol. 28 (3). P. 556–564.
26. Jaiyeoba O., Lazenby G., Soper D.E. Recommendations and rationale for the treatment of pelvic inflammatory disease // Expert Rev Anti Infect Ther. 2011. Vol. 9 (1). P. 61–70.
27. Ong J.J., Bourne C., Dean J.A. et al. Australian sexually transmitted infection (STI) management guidelines for use in primary care 2022 update // Sexual health. 2022. Vol. 20 (1). P. 1–8.
28. Ross J.D.C. Pelvic inflammatory disease // Bacterial infections. Elsevier. 2014. Vol. (42). P. 6–16.
29. Tamarelle J., Thiebaut A.C.M., Barbeyrac B. et al. The vaginal microbiota and its association with human papillomavirus, Chlamydia trachomatis, Neisseria gonorrhoeae and Mycoplasma genitalium infections: a systematic review and meta-analysis. Clin Microbiol Infect. 2019. Vol. 25 (1). P. 35–47.

© Ахмедова Саида Рафиковна (saida.ahmedova2017@yandex.ru); Омаров Наби Султан-Мурадович (sitoru@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ДИАГНОСТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ СТенок ГЛАЗНИЦ

DIAGNOSTICS OF DAMAGE TO THE WALLS OF THE ORBITS

A. Bakushev

Summary. This article analyzes publications devoted to the diagnosis of damage to the walls of the orbit.

The leading factor in the formation of post-traumatic enophthalmos and binocular diplopia are traumatic injuries to the walls of the orbits. Surgical correction and reconstruction of such injuries and their consequences are of great social importance. Currently, the main method for studying damage to the orbit is multislice computed tomography, which allows one to assess the extent of damage to both bone and soft tissue elements of the orbit during trauma.

In the literature, there are rare reports on the diagnosis of damage to the walls of the orbits and enophthalmos using magnetic resonance imaging. It is planned to propose a mathematical model for the restoration of bone and soft tissue structures of the orbit based on magnetic resonance imaging data.

Keywords: damage to the walls of the orbit, tomography, soft tissue structure of the orbit, vision.

Бакушев Артем Петрович

К.м.н., ассистент, Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России Новокузнецк

Аннотация. В данной статье проведен анализ публикаций, посвященных диагностике повреждений стенок глазницы.

Ведущим фактором формирования посттравматического энтофальма, бинокулярной диплопии являются травматические повреждения стенок глазниц. Хирургическая коррекция и реконструкция таких повреждений и их последствий имеет важное социальное значение. На текущий момент основным методом исследования повреждений глазницы является мультиспиральная компьютерная томография, которая позволяет оценить масштаб повреждения как костных, так и мягкотканых элементов глазницы при травме

В литературных источниках редки сообщения о диагностике повреждений стенок глазниц и энтофальме с помощью исследования магнитно-резонансной томографии. Планируется предложить математическую модель восстановления костных и мягкотканых структур глазницы по данным магнитно-резонансной томографии.

Ключевые слова: повреждения стенок глазниц, томография, мягкотканая структура глазницы, зрение.

Введение

Согласно литературным данным частота повреждений костей средней зоны лица составляет до 40 % и занимает второе место от общего числа переломов костей лицевого скелета [1].

Основным фактором формирования энтофальма является травматические повреждения стенок глазниц, в большей степени нижней и медиальной [2; 3]. Повреждения структур глазницы составляют от 36 % до 64 % из общего объема травмы средней зоны лица, среди которых повреждения собственно стенок глазниц достигает 85 % [4; 5]. Хирургическая коррекция и реконструкция данных повреждений и их последствий имеет важное социальное значение [6].

Травма с пролобированием мягкотканых структур глазницы в область сформировавшегося дефекта стенки глазницы без хирургического лечения однозначно приводит к образованию стойкой диплопии и энтофальму. Однако даже после хирургического вмешательства возможны явления посттравматического энтофальма в позднем реабилитационном периоде без диплопии [8, 9].

Таким образом, данная проблема сохраняет свою актуальность ввиду отсутствия универсальной методики лечения травматических повреждений стенок глазницы.

Результаты и обсуждение

Переломы глазницы могут вызывать множество симптомов. Наиболее распространенными из них являются периорбитальный отек, боль при движении глаза и субконъюнктивальное кровоизлияние. У пациентов также могут наблюдаться диплопия и онемение щеки на пораженной стороне. При переломах дна глазницы с вовлечением подглазничного нерва характерно изменение чувствительности в области его иннервации (онемение подглазничной области). В острой фазе травмы глазницы вследствие отека или кровоизлияния может возникнуть временная диплопия с последующим смещением глазного яблока, что в свою очередь вызывает смещение зрительной оси.

Переломы, вызывающие увеличение объема глазницы, могут привести к заднему смещению глазного яблока в глазнице (энтофальм) или к смещению глаза вниз (гипофальм). Гипофальм и энтофальм являются наиболее частыми осложнениями, возникающими после переломов стенок глазницы [10]. Особенно часто это происходит при комбинированных переломах дна и медиальной стенки глазницы [11]. Диплопия может возникнуть и в том случае, если перелом непосредственно нарушает движение глазного яблока, или же вследствие натяжения или ущемления глазодвигательной мышцы или

других периорбитальных тканей. Дифференциальная диагностика между основными причинами расстройств моторики, а именно между парезом веточки глазодвигательного нерва или ущемление мышцы в зоне перелома, осуществляется с помощью тракционного теста [12].

Для определения положения глазного яблока используется экзофтальмометр Гертеля. Определяют разницу в выстоянии одного и другого глазного яблока. Однако данное обследование невозможно при разрушении или выраженной дислокации точки его фиксации — латерального глазничного края [13]. Поэтому с 1992 г. в клиническую практику внедрен орбитометр Нагля, который использует в качестве точек фиксации лобную дугу и скуловой бугор, а точки отсчета — надглазничный край.

В случаях острой травмы глазницы важно проверить остроту зрения, зрачки и, в некоторых случаях, цветовое зрение, чтобы исключить повреждение зрительного нерва или внутриглазных структур. Остроту зрения проверяют путем подсчета пальцев или с помощью таблицы ближнего зрения, при этом в рутинной практике пациентов не направляют на офтальмологическое обследование. Однако исследования показали, что значительная часть пациентов с переломами глазницы также имеют повреждения глазного яблока [14]. При подозрении на травму глазного яблока перед началом лечения рекомендуется осмотр офтальмолога. Дополнительно необходимо провести пальпацию края глазницы, пальпацию глазного яблока при подозрении на повышенное внутриглазное давление, а также тест на чувствительность средней части лица.

Снижение остроты зрения может быть связано как с повреждением самого глаза, так и с повышением внутриглазного давления. Последнее возникает вследствие глубокого глазничного кровоизлияния и вызывает снижение остроты зрения в результате уменьшения кровоснабжения сетчатки или зрительного нерва. Если снижение остроты зрения связано с повышением внутриглазного давления, то пациента следует немедленно направить в челюстно-лицевую хирургию или другое специализированное отделение для проведения хирургической декомпрессии.

В 2008 г. А.С. Караян и соавт. [15] разработали классификацию травм челюстно-лицевой области, основанную на их давности. К свежим переломам авторы отнесли повреждения со сроком давности не более 30 сут. В период от одного до 3 мес травма трактовалась как формирующаяся посттравматическая деформация. После 3 мес. данное повреждение относилось к сформированной посттравматической деформации.

На текущий момент основным методом исследования повреждений глазницы является мультиспиральная

компьютерная томография, которая позволяет оценить масштаб повреждения как костных, так и мягкотканых элементов глазницы при травме [16].

В связи с развитием компьютерных технологий в дальнейшем стало возможным изготавливать 3-D стереолитографические модели-образцы, что явилось скачком в хирургическом лечении переломов и деформаций стенок глазниц [17]. Благодаря технологии 3D-моделирования на основе данных компьютерной томографии (КТ) стало возможным изготовить индивидуальный эндопротез, повторяющий естественную анатомию и наличие дефекта в результате травмы [18].

J. Hoffman и С.Р. Cornelius (1998) с помощью стереолитографического 3D моделирования впервые применили индивидуальный керамический имплантат [19].

K. Aitasao et al. (2001) выполнили реконструкцию посттравматического дефекта глазницы при помощи гидроксипатита кальция с применением стереолитографической технологии [20].

А.С. Караян и Е.С. Кудинова (2006) на основе стереолитографической модели выполнили и описали изготовление интраоперационных шаблонов путем лепки вручную из разогретого воска [21].

R. Shön et al. (2006) для изготовления индивидуальных титановых имплантатов начали использовать стереолитографические модели [22].

M. Salmi et al. (2012) в своей работе, посвященной созданию индивидуальных титановых имплантатов, поделились мнением, что будущее остается за технологиями трехмерного моделирования и печати [23]. M.Kozakiewicz et al. (2009) опубликовали результаты успешного применения зеркальной стереолитографической модели глазницы для формирования титановой сетки, имплантируемой в область костного дефекта дна глазницы [24].

Таким образом, технология трехмерного моделирования и 3D печати в значительной степени повысили точность выполняемого хирургического лечения повреждений стенок глазницы.

G.S. Parsons и R.H. Mathog (1988) [25] предположили, что изменение положения стенок глазницы при их повреждении приводит к дислокации глазного яблока ориентировочно на 2,5–4,0 мм.

Помимо выбора материала для пластики стенок глазниц шли исследования по устранению энтофтальма. Например, В.В. Волков (1984) руководствовался различием в объеме травмированной и здоровой глазниц [26].

Вслед за выбором пластического материала вопрос встал и за планированием оперативного вмешательства [27]. А.С. Караян и соавт. (2004) предложили способ определения степени смещения глазного яблока [28]. Расчет смещения глазного яблока производился по данным аксиальных срезов с использованием миллиметровой сетки по разнице появления наиболее выступающей точки глазного яблока на здоровой и поврежденной сторонах. Данная методика была предложена в виду отсутствия должного технического оснащения и программного обеспечения. Однозначно данный метод в силах только ориентировочно определить параметры смещения поврежденных элементов и с развитием диагностики он потерял свою актуальность [28].

В дальнейшем О.В. Левченко в 2014 году предложил определять степень гипопфтальма по данным МСКТ в аксиальной плоскости — по разнице появления верхнего полюса глазного яблока на здоровой и поврежденной сторонах. Данная методика не позволяет получить максимально точные результаты, так как неправильная укладка или любое изменение положения головы ли глазных яблок пациента во время МСКТ изменяет плоскость сканирования, что в дальнейшем влияет на точность результатов [29].

На данный момент технологии в диагностике и программного обеспечения шагнули вперед и самым основным методом исследования данных повреждений является МСКТ [30].

МСКТ при травмах глазницы позволяет оценить масштаб повреждения, как костных, так и мягкотканых элементов глазницы [31]. Д.А. Лежнев с соавт. (2014) по результатам клинико-лучевого обследования 78 пациентов показали возможности МСКТ в контроле хирур-

гического лечения с использованием имплантатов при пластике нижней стенки глазницы и рекомендованы для использования данного метода [32].

Компьютерное планирование увеличивает точность в достижении планируемого результата операции и способствует сокращению продолжительности хирургического вмешательства [33].

Н.Е. Хомутичкина с соавт. (2020) в своей работе, посвященной реконструкции скуло-глазничного комплекса, доказали неопровержимое преимущество цифрового подхода к планированию оперативных вмешательств [34].

Несмотря на то, что специалистами различных областей пройден колоссальный путь, некоторые вопросы реконструктивной хирургии глазницы еще предстоит решить. Одним из таких вопросов является устранение посттравматического и послеоперационного энтофтальма [35].

По сегодняшний день ведется поиск оптимального искусственного пластического материала для реконструкции стенок глазницы и устранения посттравматического энтофтальма.

Выводы

В литературных источниках редки сообщения о диагностике повреждений стенок глазниц и энтофтальме с помощью исследования магнитно-резонансной томографии. Планируется предложить математическую модель восстановления костных и мягкотканых структур глазницы по данным магнитно-резонансной томографии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Епифанов С.А., Апостолиди К.Г., Ахинян Э.К. Реконструкция нижней стенки глазницы при помощи миниинвазивных технологий. Вестник национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. 2018;13(4):71–74.
2. Сипкин А.М., Ахтямова Н.Е., Ахтямов Д.В. Характеристика острых травматических повреждений челюстно-лицевой области. РМЖ. 2016;14:932–935. Ссылка активна на 04.10.2023.
3. Кулаков А.А. Челюстно-лицевая хирургия: Национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2019.
4. Blumer M, Rostetter C, Johner J-P. Associated ophthalmic injuries in patients with fractures of the midface. *Craniomaxillofacial Trauma & Reconstruction*. 2020;13(3):168–173.
5. Груша Я.О., Караян А.С., Коробков Г.И., Данилов С.С. Устранение посттравматических дефектов глазницы с применением костных аутотрансплантатов. *Стоматология*. 2019;98(1):38–44.
6. Дубровин М.С., Копецкий И.С., Полунин В.С. Медико-социальные особенности больных с повреждениями челюстно-лицевой области. *Лечебное дело*. 2012;4:92–94. Ссылка активна на 04.10.2023.
7. Николаенко В.П. Орбитальные переломы: руководство для врачей. СПб.: Эко-Вектор; 2012.
8. Енгибарян М.А., Ульянова Ю.В. Восстановительные операции при дефектах тканей средней зоны лица. *Международный журнал экспериментального образования*. 2013;8:92–93. Ссылка активна на 04.10.2023.
9. Стучилов В.А., Никитин А.А., Секирин А.Б., Филатова Е.В., Ларионов К.С., Гришин А.С., Кокорев В.Ю., Рябцева А.А. Компьютерное моделирование и лазерные технологии в реабилитации пациентов при травме средней зоны лица. *Альманах клинической медицины*. 2015;36:82–89. Ссылка активна на 04.10.2023.
10. Koenen L., Waseem M. *Orbital Floor Fracture*; StatPearls Publishing: Treasure Island, FL, USA, 2021.

11. He Y., Zhang Y., An J.G. Correlation of types of orbital fracture and occurrence of enophthalmos // *J Craniofac Surg.* — 2012. — Vol. 23. — P. 1050–1053.
12. Corrêa, A.P. Late treatment of ocular globe displacement to the maxillary sinus after an orbital floor fracture/ A.P. Corrêa, C.A. Timóteo, E.H. Shinohara et al. // *J. Craniofac. Surg.* — 2015. — Vol. 26, № 1. — P. 314–6.
13. Kozakiewicz, M. Comparison of pre-bent titanium mesh versus polyethylene implants in patient specific orbital reconstructions/ M. Kozakiewicz, P. Szymor // *Head Face Med.* — 2013. — Vol. 29, № 9. — P. 32.
14. Boyette J.R., Pemberton J.D., Bonilla-Velez J. Management of orbital fractures: Challenges and solutions // *Clin. Ophthalmol.* — 2015 — Vol.9. — P. 2127–2137.
15. Караян А.С. Одномоментное устранение посттравматических дефектов и деформаций скулоносоглазничного комплекса: Дисс. ... докт. мед. наук / А.С. Караян. — Москва, 2008. — 234 с.
16. Cellina M, Cè M, Marziali S, Irmici G, Gibelli D, Oliva G, Carrafiello G. Computed tomography in traumatic orbital emergencies: a pictorial essay—imaging findings, tips, and report flowchart. *Insights Imaging.* 2022;13(1):4.
17. Хомутинникова Н.Е. Цифровые технологии в хирургическом лечении посттравматических деформаций скулоорбитального комплекса / Н.Е. Хомутинникова, Е.А. Дурново, Ю.В. Высельцева // *Современные технологии в медицине.* — 2020. — Т. 12. — № 3. — С. 55–63.
18. Чкадуа Т.З. Внутрикостная имплантация при экзопротезировании пациентов с дефектами лица / Т.З. Чкадуа, И.И. Сухарский, Т.Д. Чолокава и др. // *Стоматология.* — 2016. — Т. 95. — № 6-2. — С. 56.
19. Hoffmann J. Using individually designed ceramic implants for secondary reconstruction of the bony orbit / J. Hoffmann, C.P. Cornelius, M. Groten et al. // *Mund-, Kiefer— und Gesichtschirurgie: MKG.* — 1998. — Vol. 2. — № 1. — P. 598–101.
20. Aitasalo K. Repair of orbital floor fractures with bioactive glass implants / K. Aitasalo, I. Kinnunen, J. Palmgren et al. // *Journal of oral and maxillofacial surgery: official journal of the american association of oral and maxillofacial surgeons.* — 2001. — Vol. 59. — № 12. — P. 1390–1395.
21. Караян А.С. Клинико-рентгенологическая оценка различных способов восстановления дефектов дна глазницы при посттравматических деформациях средней трети лицевого черепа / А.С. Караян, Н.А. Рабухина, Г.И. Голубева и др. // *Вестник рентгенологии и радиологии.* — 2006. — № 4. — С. 4–7.
22. Schön R. Individually preformed titanium mesh implants for a true-to— original repair of orbital fractures / R. Schön, M.C. Metzger, C. Zizelmann et al. // *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.* — 2006. — Vol. 35. — № 11. — P. 990–995.
23. Salmi M. Patient-specific reconstruction with 3D modeling and DMLS additive manufacturing / M. Salmi, J. Tuomi, K. Paloheimo et al. // *Rapid Prototyping Journal.* — 2012. — Vol. 18. — № 3. — P. 209–214.
24. Kozakiewicz M. Clinical application of 3D pre-bent titanium implants for orbital floor fractures / M. Kozakiewicz, M. Elgalal, P. Loba et al. // *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery: Official Publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery.* — 2009. — Vol. 37. — № 4. — P. 229–234.
25. Parsons G.S. Orbital wall and volume relationships / G.S. Parsons, R.H. Mathog // *Archives of Otolaryngology—Head & Neck Surgery.* — 1988. — Vol. 114. — № 7. — P. 743–747.
26. Волков В.В. Пластические операции на глазнице при посттравматическом экзофтальме с дислокацией глазного яблока / В.В. Волков, А.А. Лимберг, Ю.С. Когин и др. // *Офтальмологический журнал.* — 1984. — № 3. — С. 154–157.
27. Лебедев М.В. Частота и структура повреждения органа зрения при сочетанных травмах в дорожно-транспортных происшествиях / М.В. Лебедев, М.М. Оленникова, Ю.А. Бахтурина и др. // *Вестник Российской военно— медицинской академии.* — 2015. — № 2 (50). — С. 92–95.
28. Караян А.С. Планирование одномоментных реконструктивных вмешательств при посттравматических деформациях средней зоны лица / А.С. Караян, Е.С. Кудинова, В.С. Перфильев и др. // *Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии.* — 2004. — № 4. — С. 84–85.
29. Левченко О.В. Рентгеновская компьютерная томография для оценки эффективности хирургической реконструкции посттравматических дефектов и деформаций глазницы / О.В. Левченко, В.В. Крылов, Д.В. Давыдов и др. // *Нейрохирургия.* — 2014. — № 1. — С. 29–33.
30. Kühnel T.S. Trauma of the midface / T.S. Kühnel, T.E. Reichert // *Laryngo— Rhino— Otologie.* — 2015. — Vol. 94 Suppl 1. — P. S206–247.
31. Левченко О.В. Рентгеновская компьютерная томография для оценки эффективности хирургической реконструкции посттравматических дефектов и деформаций глазницы / О.В. Левченко, В.В. Крылов, Д.В. Давыдов и др. // *Нейрохирургия.* — 2014. — № 1. — С. 29–33.
32. Лежнев Д.А. МСКТ-визуализация имплантатов и трансплантатов при пластике дефектов и деформаций стенок орбиты / Д.А. Лежнев, Д.В. Давыдов, Д.И. Костенко // *Биотехносфера.* — 2014. — № 4 (34). — С. 9–12.
33. Йигиталиев Ш.Н. Функциональная и эстетическая реабилитация пациентов с дефектами и деформациями скуло-носо-лобно-глазничной области: Дисс. ... канд. мед. наук / Ш.Н. Йигиталиев. — Москва, 2011. — 168 с.
34. Хомутинникова Н.Е. Цифровые технологии в хирургическом лечении посттравматических деформаций скулоорбитального комплекса / Н.Е. Хомутинникова, Е.А. Дурново, Ю.В. Высельцева // *Современные технологии в медицине.* — 2020. — Т. 12. — № 3. — С. 55–63.
35. Kolk A. Secondary post-traumatic enophthalmos: high-resolution magnetic resonance imaging compared with multislice computed tomography in postoperative orbital volume measurement / A. Kolk, C. Pautke, V. Schott et al. // *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons.* — 2007. — Vol. 65. — № 10. — P. 1926–1934.

© Бакушев Артем Петрович

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭНДОТЕЛИАЛЬНАЯ ДИСФУНКЦИЯ И ЕЁ МАРКЕРЫ У БОЛЬНЫХ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА (ИБС) ПЕРЕНЁСШИХ COVID-19

ENDOTHELIAL DYSFUNCTION AND ITS MARKERS IN PATIENTS WITH CORONARY HEART DISEASE (CHD) WHO UNDERWENT COVID-19

**D. Bolgov
S. Kuznetsov
M. Tkachenko**

Summary. The article presents a modern understanding of endothelial dysfunction and ways to assess it. The material characterizes the description of the role of nitric oxide and endothelin-1, as well as a number of factors synthesized by endothelial cells, as important markers of endothelial dysfunction. The paper analyzes the dynamics of indicators characterizing endothelial disorders. The study of endothelial dysfunction in patients with coronary heart disease in the postcovid period is shown using the example of the reactive hyperemia method. The authors conclude that in order to improve the duration and quality of life of patients with coronary heart disease (CHD), in particular those who have undergone the new coronavirus infection COVID-19, reduce the risk and frequency of complications, and mortality rates, it is necessary to study the function of the endothelium in more detail. It is also necessary to look for ways to medically correct endothelial dysfunction, taking into account the pathogenetic mechanisms of its formation. The topic under consideration will be of interest to therapists, cardiologists and doctors of other related specialties. The issue of studying the mechanism of endothelial dysfunction requires further in-depth study.

Keywords: endothelial dysfunction, markers of endothelial dysfunction, endothelial damage, coronary heart disease (CHD), COVID-19.

Болгов Даниил Юрьевич

Аспирант, ФГБОУ «Воронежский государственный
медицинский университет имени Н.Н. Бурденко»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
d.bolgov2015@yandex.ru

Кузнецов Сергей Иванович

Д.м.н., профессор, ФГБОУ «Воронежский государственный
медицинский университет имени Н.Н. Бурденко»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
09ksi@mail.ru

Ткаченко Максим Сергеевич

Врач по медицинской профилактике,
БУЗ ВО «Воронежская городская поликлиника №22»
mtkachenko3@yandex.ru

Аннотация. В статье изложено современное представление о дисфункции эндотелия, способах ее оценки. Материал даёт характеристику описанию роли оксида азота и эндотелина-1, а также ряда синтезируемых эндотелиоцитами факторов, как важных маркеров эндотелиальной дисфункции. В работе дан анализ динамики показателей, характеризующих нарушение эндотелия. На примере метода реактивной гиперемии показано исследование эндотелиальной дисфункции у больных с ИБС в постковидном периоде. Авторы делают вывод, что для улучшения продолжительности и качества жизни пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС), в частности перенёсших новую коронавирусную инфекцию COVID-19, снижения риска и частоты осложнений, показателей смертности, необходимо подробнее исследовать функцию эндотелия. Также необходимо искать пути медикаментозной коррекции эндотелиальной дисфункции с учетом патогенетических механизмов её формирования. Рассматриваемая тема будет интересна терапевтам, кардиологам и врачам других смежных специальностей. Вопрос изучения механизма дисфункции эндотелия требует дальнейшего углубленного изучения.

Ключевые слова: эндотелиальная дисфункция, маркеры эндотелиальной дисфункции, повреждение эндотелия, ишемическая болезнь сердца (ИБС), COVID-19.

Введение

Эндотелий представляет собой однослойный клеточный барьер между потоком крови и сосудистой стенкой, выполняющий иммунную, вазоконстрикторную и вазодилататорную функции. В физиологических условиях, эндотелий, вырабатывая биологически активные вещества (БВВ), участвует в поддержании местного сосудистого гомеостаза [1,2]. Так же, он играет ключевую роль в процессе ремоделирования сосудистой стенки [2].

Поскольку эндотелиоциты находятся на границе между циркулирующей кровью и тканями, то они первыми встречаются с продуктами обмена веществ и ксенобиотиками, которые вызывают их повреждение [3]. В патологических условиях формируется эндотелиальная дисфункция (ЭД), которая характеризуется дисбалансом продукции медиаторов, регулирующих агрегацию тромбоцитов, коагуляцию и фибринолиз, а также нарушением синтеза вазоактивных веществ [1–4]. Многие исследователи считают ЭД неспецифическим звеном в патогенезе целого ряда заболеваний сердечно-сосудистой и цереброваскулярной систем [2, 4–6]. Она является

одним из патогенетических механизмов широкого спектра заболеваний. Эффективным способом диагностики ЭД и оценки её выраженности является обнаружение в крови специфических биохимических маркеров, характеризующих состояние сосудистого эндотелия, а также исследование уровня факторов, повреждающих его [1, 2, 7, 8].

В настоящей статье освещается патогенетическая роль ряда синтезируемых эндотелиоцитами факторов, изменение уровня которых в биологических жидкостях отражает нарушение основных физиологических свойств эндотелия: вазомоторной функции, тромбозостойкости, функции регуляции ангиогенеза, барьерной и адгезивной функций. В частности, рассматриваются вопросы участия метаболитов оксида азота, эндотелина-1, фактора фон Виллебранда, фактора роста эндотелия сосудов и молекул адгезии в возникновении и развитии ЭД. Особое внимание уделяется значимости определения отдельных маркеров ЭД, обсуждается возможность их практического использования для диагностики ЭД у больных ишемической болезнью сердца (ИБС) перенёвших в анамнезе коронавирусную инфекцию COVID-19.

Поиск литературы при написании настоящей статьи осуществлялся по базам данных www.elibrary.ru, www.cyberleninka.ru, www.scopus.com, Web of Science, MedLine, PubMed с использованием следующих ключевых слов: эндотелиальная дисфункция, оксид азота, эндотелин-1, простациклин, фактор фон Виллебранда, сосудистый эндотелиальный фактор роста, молекулы адгезии, ишемическая болезнь сердца (ИБС), COVID-19.

Цель исследования

Целью данного обзора является изучение влияния перенесенной коронавирусной инфекции COVID-19 на эндотелиальную дисфункцию у больных ишемической болезнью сердца. Интерпретация и обобщение освоенных данных.

Теоретический анализ

Патогенетические механизмы формирования эндотелиальной дисфункции

Исходя из современных представлений, под ЭД следует понимать сложный многогранный процесс, в основе которого, во-первых, лежит дисбаланс между такими процессами, как вазоконстрикция и вазодилатация, во-вторых, нарушение выработки факторов воспаления и пролиферации сосудов, в-третьих, повреждение в системе тромбообразования. Все это приводит в конечном итоге к ремоделированию сосудистой стенки [9]. Ведущая роль, в патогенезе ЭД отводится оксиду азота (NO)

который имеет критическое значение в поддержании должного сосудистого тонуса и соответственно, необходимой величины локального кровотока через сосуд [2, 9, 10]. Этот фактор присутствует во всех эндотелиальных клетках, независимо от размера и функции сосудов. NO синтезируется в клетках эндотелия из L-аргинина под влиянием фермента эндотелиальной NO-синтазы (eNOS). Под действием различных медиаторов происходит увеличение концентрации внутриклеточного кальция (Ca^{2+}), где он, связываясь, образует комплекс Ca^{2+} — кальмодулин, который, выступая в роли кофактора, активирует eNOS. Реакция синтеза NO протекает при участии и ряда других кофакторов [11, 12]. NO проникает в гладкомышечные клетки и вызывает релаксацию путем активации гуанилатциклазы, тем самым увеличивая концентрацию циклического гуанозинмонофосфата, который в свою очередь опосредует эффекты NO. NO является медиатором эндотелийзависимой вазодилатации (ЭЗВД) благодаря ингибирующему действию на такие вазоконстрикторы, как AII и эндотелин (ЭТ-1). Помимо этого, NO тормозит агрегацию тромбоцитов, адгезию лейкоцитов, инфильтрацию и пролиферацию гладкомышечных клеток сосудов. NO препятствует окислительной модификации ЛПНП [13]. В нормально функционирующем эндотелии низкие уровни NO постоянно высвобождаются для поддержания кровеносных сосудов в состоянии дилатации и обеспечения неадгезивности эндотелия по отношению к форменным элементам крови.

Про ЭД можно сказать, что это системное расстройство, характеризующееся прежде всего снижением выработки NO, патологическое состояние, ухудшающее сосудистый гомеостаз и приводящее к потере защитных свойств эндотелиальных клеток [2, 10–13].

В противовес NO как вазодилататору в организме вырабатывается мощный вазоконстриктор — ЭТ-1, он относится к числу биологически активных бициклических полипептидов широкого спектра действия, состоящий из комбинации 21 аминокислоты. Является одним из наиболее значимых регуляторов функционального состояния эндотелия сосудов. Продукции ЭТ-1 в организме способствуют гипоксия, ишемия, гемодинамическая перегрузка, изменение кислотно-щелочного равновесия, гипергликемия, гиперхолестеринемия, окислительный стресс [14, 15, 16], то есть многие патологические состояния. Индукторами синтеза ЭТ-1 являются вазоконстрикторы, факторы роста, цитокины, тромбин, молекулы адгезии. В противовес им ингибиторами синтеза ЭТ-1 являются простациклин, эстрогены, предсердный натрийуретический пептид, а также сам NO. Синтезироваться ЭТ-1 может в различных органах и тканях и определяется в эндотелиальных клетках, гладкомышечных клетках сосудов, астроцитах, нейронах, гепатоцитах, эндометрии, клетках Сертоли, мезангиоцитах, эндотелиоцитах молочных желез, тканевых базофилах.

В патофизиологических условиях большое количество неэндотелиальных клеток в сердце, включая кардиомиоциты, может также синтезировать ЭТ-1 в ответ на растяжение миокарда [17]. Вазоконстрикторный эффект ЭТ-1 приводит к повышению периферического сосудистого сопротивления, а также сопротивления сосудов сердца, мозга и почек, вследствие чего ЭТ-1 играет важную роль в патогенезе различной сердечно-сосудистой патологии, к числу которой принадлежит и ишемическая болезнь сердца.

Было исследовано содержание ЭТ-1 у пациентов с ИБС, причиной которого явился атеросклероз венечных артерий сердца, при этом установлено, что ИБС характеризуется повышением содержания ЭТ-1 в периферической венозной крови. Наиболее высокий уровень ЭТ-1 отмечен у пациентов в начальных стадиях ИБС. Повышение уровня этого метаболита у пациентов с ИБС патогенетически связано с клиническими проявлениями заболеваний и возникновением ишемии миокарда. В настоящее время эндотелин-1 рассматривается как маркер и предиктор тяжести и исхода ИБС [18].

Эндотелиальная дисфункция и SARS-CoV-2 (COVID-19)

Сегодня накопилось уже достаточно сведений о том, что одним из патогенетических звеньев COVID-19 является массивное повреждение эндотелия. Проведенный анализ литературы на данную тему позволил вычлнить некоторые признаки повреждения эндотелиальных клеток и их корреляции с тяжестью заболевания и риском смертельного исхода.

В большинстве органов человеческого организма сосудистый эндотелий экспрессирует на своей поверхности рецептор АПФ-2 [20].

Взаимодействие вируса SARS-CoV-2 с клеткой-мишенью осуществляется путем взаимодействия его S-белка с рецептором АПФ-2. В ходе последующей интернализации вируса АПФ-2 сбрасывается с клеточной поверхности и оказывается в кровотоке. В результате его концентрация возрастает практически вдвое у больных с легкими формами заболевания (по сравнению с нормальным уровнем) и до 10 раз у пациентов, находящихся на искусственной вентиляции легких, что становится плохим прогностическим признаком для больных с тяжелыми формами COVID-19 [21, 22]. К числу других факторов, связанных с патогенезом COVID-19 и коррелирующих с тяжестью поражения, могут быть отнесены: ADAMTS-13 (обеспечивающая сброс с поверхности активированных эндотелиальных клеток фактора фон Виллебранда, vWF) и сам vWF [23], причем его концентрация напрямую связана с тяжестью заболевания.

Абсолютным доказательством поражения эндотелия и сердечно-сосудистой системы при COVID-19

является обнаружение слущенных (жизнеспособных, апоптотических или погибших) и циркулирующих в периферическом кровотоке эндотелиальных клеток (ЦЭК) по аналогии с цитотоксическим или цитостатическим воздействием на эндотелий препаратов, используемых при лечении злокачественных болезней кроветворной системы [24–27]. Так, если число живых CD146+ ЦЭК в крови здоровых и больных легкими формами COVID-19 пациентов достоверно не различалось, то в случае апоптотических клеток были выявлены достоверные различия, коррелирующие как с тяжестью заболевания, так и вирусной нагрузкой. После исчезновения клинической симптоматики уровень апоптотических ЦЭК снижался, хотя и оставался несколько выше, чем в контрольной группе. Считается, что физиологическая регенерация и репарация эндотелия после повреждения осуществляется с участием циркулирующих эндотелиальных клеток-предшественников [25, 28, 29]. При этом если присутствие в кровотоке зрелых ЦЭК свидетельствует о самом факте повреждения и гибели эндотелиальных клеток, то концентрация ЦЭК-предшественников отражает активность регенеративных процессов, направленных на восстановление эндотелиальной выстилки. Так повышенное содержание ЦЭК-предшественников было выявлено у всех исследованных пациентов с COVID-19 и было примерно одинаковым при сравнении средних и тяжелых форм заболевания [30]. После исчезновения клинической симптоматики и при постковидном синдроме число предшественников снижалось, но оставалось все равно выше, чем в группе здоровых добровольцев [30, 31].

Оценка ЭД методом реактивной гиперемии (окклюзионной пробы) у больных с ИБС в постковидном периоде

ИБС связана с ЭД за счет того, что нарушение эндотелий-зависимой вазодилатации является компонентом патогенеза атеросклероза — основной причины ИБС. Данная патология является частой сопутствующей нозологией среди пациентов, госпитализированных по поводу коронавирусной инфекции. Существуют различные методы оценки ЭД. В частности, в клинической практике используется проба с реактивной гиперемией в различных модификациях, которая показывает функциональное состояние эндотелия.

Так в исследовании Соловьева О.В. и Князевой А.И., с применением данного метода, освещена взаимосвязь состояния эндотелиальной дисфункции и вегетативных процессов после перенесенной острой коронавирусной инфекции у пациентов, страдающих ИБС [19].

Для участия в исследовании был отобран 21 человек (мужчины и женщины от 18 до 85 лет, с подтвержденным эпизодом COVID-19 легкого течения от 12 недель до года

давности на момент исследования). Участники были разделены на три группы. В группу 1 (ИБС + COVID-19 +) вошли 7 человек (5 мужчин и 2 женщины), медианный возраст которых составил 65 лет. В группу 2 (ИБС + COVID-19-) вошли 7 человек (1 женщина и 6 мужчин), медианный возраст которых составил 68 лет. В группу 3 (ИБС — COVID-19 +) вошли 7 человек (5 мужчин и 2 женщины), медианный возраст которых составил 52 года. Пациенты заполняли валидизированный опросник COMPASS-31 для оценки вегетативной дисфункции. Всем участникам была выполнена окклюзионная проба с оценкой лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ). Регистрация ЛДФ-грамм осуществлялась при помощи анализатора лимфотока и периферического кровотока «ЛАЗМА МЦ-1» (Россия). Результаты были обработаны с помощью статистических инструментов.

Были получены следующие данные: медиана суммарного итогового балла по шкале COMPASS-31 группы 1 более чем в два раза превышала медиану суммарного итогового балла в группе 2 (35 против 17), и в пять раз — результат в группе 3 (35 против 6). При анализе результатов окклюзионной пробы наибольшее значение имел резерв кровотока (РК), как отражение резервных возможностей микроциркуляторного русла. В каждой из трех групп РК был ниже референсных значений. Наименьшее медианное значение РК имело в группе 2 — 138,40 %, наибольшее: в группе 3 — 163,41 %, промежуточное: в группе 1 — 151,19 %. Также обнаружена умеренная отрицательная корреляция между суммарным итоговым баллом по COMPASS-31 и значением РК: $r = -0,3910$; $p = 0,0396$

Авторы делают следующие выводы:

1. Во всех исследуемых группах подавляющее большинство участников имели эндотелиальную дисфункцию со снижением резерва микроциркуляторного кровотока, отражающее универсальность микроциркуляторных нарушений в постковидном периоде.
2. У пациентов, перенесших новую коронавирусную инфекцию COVID-19 и страдающих ИБС, отмечалась наиболее выраженная вегетативная дисфункция при оценке по шкале COMPASS31 по сравнению с результатами контрольных групп.
3. Выявлена достоверная отрицательная корреляция между проявлениями вегетативных нарушений и резервом кровотока в микроциркуляторном русле пациентов исследуемых групп.

Заключение

Проведенный анализ литературных данных показал, что сердечно-сосудистая система становится частой мишенью коронавирусной инфекции. Вирус SARS-CoV-2 способен напрямую инфицировать эндотелиальные клетки, используя рецептор АПФ-2 и снижая его экспрессию, что приводит к повышению уровня ангиотензина II и сопровождается увеличенным уровнем коагуляции, воспалением, оксидативным стрессом и повышенной проницаемостью сосудистой стенки. Таким образом, сочетание прямого и опосредованного поражения эндотелия вызывает генерализованную эндотелиальную дисфункцию, оказывающую негативное воздействие на сердечно-сосудистую систему. Существовавшая ранее и вызванная риск-факторами дисфункция эндотелиальных клеток является дополнительным фактором риска, особенно для пациентов, страдающих ишемической болезнью сердца имеющих в анамнезе перенесенную коронавирусную инфекцию COVID-19.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васина Л.В., Петрищев Н.Н., Власов Т.Д. Эндотелиальная дисфункция и ее основные маркеры // Регионарное кровообращение и микроциркуляция 2017. Т.16. №1. С.4–15.
2. Воробьева Е.Н., Воробьев Р.И., Шарлаева Е.А. и др. Дисфункция эндотелия при сердечно-сосудистых заболеваниях: факторы риска, методы диагностики и коррекции // Biologica Sibirica. 2016. Т. 2. № 1. С. 21–40.
3. Гоженко А.И., Кузнецова А.С., Кузнецова Е.С. и др. Эндотелиальная дисфункция в патогенезе осложнений сахарного диабета. Сообщение I. Эндотелиальная дисфункция: этиология, патогенез и методы диагностики // Endokrynologia. 2017. Т. 22. №2. С.171–181.
4. Фатеева В.В., Воробьева О.В. Маркеры эндотелиальной дисфункции при хронической ишемии мозга // Журнал неврологии и психиатрии. 2017. №4. С. 107–111.
5. Teixeira B.C., Lopes A.L., Macedo R.C. et al. Inflammatory markers, endothelial function and cardiovascular risk // J. Vasc. Bras. 2014. V. 132. P. 108–115
6. Daiber A., Steven S., Webe A. et al. Targeting vascular (endothelial) dysfunction // Br. J. Pharm. 2017. № 174. P. 1591–1619.
7. Rajendran P., Rengarajan T., Thangavel J. et al. The Vascular Endothelium and Human Diseases // Int. J. Biol. Sci. 2013. V. 910. P. 1057–1069.
8. Афонасьева Т.Н. Эндотелиальная дисфункция. Возможности ранней диагностики // Здоровье и образование в XXI веке. 2016. Т.18. №11. С. 101–104
9. Бабушкина И.В., Сергеева А.С., Пивоваров Ю.Н., Курильская Т.Е., Корякина Л.Б. Структурные и функциональные особенности сосудистого эндотелия. Кардиология. 2015;55(2):82–6
10. Булаева Н.И., Голухова Е.З. Эндотелиальная дисфункция и оксидативный стресс: роль в развитии кардиоваскулярной патологии. Креативная кардиология. 2013;1:14–22
11. Mordi I, Mordi N, Delles C, Tzemos N. Endothelial dysfunction in human essential hypertension: Journal of Hypertension. 2016;34(8):1464–72.
12. Münzel T, Camici GG, Maack C, Bonetti NR, Fuster V, Kovacic JC. Impact of Oxidative Stress on the Heart and Vasculature. Journal of the American College of Cardiology. 2017;70(2):212–29.

13. Gungor ZB, Sipahioglu N, Sonmez H, Ekmekci H, Toprak S, Ayaz G et al. Endothelial Dysfunction Markers in Low Cardiovascular Risk Individuals: Comparison of Males and Females. *Journal of Medical Biochemistry*. 2017;36(1):62–72.
14. Davenport AP, Hyndman KA, Dhaun N, Southan C, Kohan DE, Pollock JS et al. Endothelin. *Pharmacological Reviews*. 2016;68(2):357–418.
15. Голухова Е.З., Алиева А.М., Какучая Т.Т., Аракелян Г.Г., Булаева Н.И. Эндотелин — современный биомаркер сердечно-сосудистых заболеваний. *Креативная кардиология*. 2011;2:97–103
16. Münzel T, Gori T, Keaney JF, Maack C, Daiber A. Pathophysiological role of oxidative stress in systolic and diastolic heart failure and its therapeutic implications. *European Heart Journal*. 2015;36(38):2555–64.
17. Smiljic S. The clinical significance of endocardial endothelial dysfunction. *Medicina*. 2017;53(5):295–302.
18. Казачкина С.С., Лупанов В.П., Балахонова Т.В. Функция эндотелия при ишемической болезни сердца и атеросклерозе и влияние на нее различных сердечно-сосудистых препаратов // *Сердечная недостаточность*. — 2004. — Т. 6, №1. — С. 315–316.
19. Соловьев О.В., Князева А.И. Оценка эндотелиальной дисфункции методом окклюзионной пробы у больных с ишемической болезнью сердца в постковидном периоде. *Клинические и теоретические аспекты современной медицины* — 2022. Сборник тезисов VII Всероссийской научной конференции Москва, РУДН, 16 декабря 2022 г. С.40–41
20. Lechien JR, Radulesco T, Calvo-Henriquez C, Chiesa-Estomba CM, Hans S, Barillari MR, Cammaroto G, Descamps G, Hsieh J, Vaira L, De Riu G, Sowerby L, Gengler I, Michel J, Saussez S. ACE2 & TMPRSS2 expressions in head & neck tissues: a systematic review. *Head & Neck Pathology*. 2021;15(1):225–235.
21. Rovas A, Osiaevi I, Buscher K, Sackarnd J, Tepasse PR, Fobker M, Kühn J, Braune S, Göbel U, Thölking G, Gröschel A, Pavenstädt H, Vink H, Kümpers P. Microvascular dysfunction in COVID-19: the MYSTIC study. *Angiogenesis*. 2021;24(1):145–157.
22. Fagyas M, Fejes Z, Sütő R, Nagy Z, Székely B, Pócsi M, Ivády G, Bíró E, Bekő G, Nagy A, Kerekes G, Szentkereszty Z, Papp Z, Tóth A, Kappelmayer J, Nagy B Jr. Circulating ACE2 activity predicts mortality and disease severity in hospitalized COVID-19 patients. *International Journal of Infectious Diseases*. 2022;115:8–16.
23. Philippe A, Chocron R, Gendron N, Bory O, Beauvais A, Peron N, Khider L, Guerin CL, Goudot G, Levasseur F, Peronino C, Duchemin J, Brichet J, Sourdeau E, Desvard F, Bertil S, Pene F, Cheurfa C, Szwebel TA, Planquette B, Rivet N, Jourdi G, Hauw-Berlemont C, Hermann B, Gaussem P, Mirault T, Terrier B, Sanchez O, Diehl JL, Fontenay M, Smadja DM. Circulating Von Willebrand factor and high molecular weight multimers as markers of endothelial injury predict COVID-19 in-hospital mortality. *Angiogenesis*. 2021;24(3):505–517
24. Blann AD, Woywodt A, Bertolini F, Bull TM, Buyon JP, Clancy RM, Haubitz M, Heibel RP, Lip GY, Mancuso P, Sampol J, Solovey A, Dignat-George F. Circulating endothelial cells. Biomarker of vascular disease. *Thrombosis and Haemostasis*. 2005;93(2):228–235.
25. Romanov YA, Chervontseva AM, Savchenko VG, Smirnov VN. Vascular endothelium: target or victim of cytostatic therapy? *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*. 2007;85(3–4):396–403.
26. Woywodt A, Haubitz M, Buchholz S, Hertenstein B. Counting the cost: markers of endothelial damage in hematopoietic stem cell transplantation. *Bone Marrow Transplantation*. 2004;34(12):1015–1023.
27. Beije N, Versluis J, Kraan J, Gratama JW, Sleijfer S, Cornelissen JJ. Circulating endothelial cell enumeration demonstrates prolonged endothelial damage in recipients of myeloablative allogeneic stem cell transplantation. *Haematologica*. 2015;100(6):246–249.
28. Hill JM, Zalos G, Halcox JP, Schenke WH, Waclawiw MA, Quyyumi AA, Finkel T. Circulating endothelial progenitor cells, vascular function, and cardiovascular risk. *The New England Journal of Medicine*. 2003;348(7):593–600.
29. Urbich C, Dimmeler S. Endothelial progenitor cells functional characterization. *Trends Cardiovasc Med*. 2004;14(8):318–322.
30. Mancuso P, Gidaro A, Gregato G, Raveane A, Cremonesi P, Quarna J, Caccia S, Gusso L, Rusconi S, Giacomelli A, Cogliati C, Bertolini F. Circulating endothelial progenitors are increased in COVID-19 patients and correlate with SARS-CoV-2 RNA in severe cases. *Thrombosis and Haemostasis*. 2020;18(10):2744–2750
31. Poyatos P, Luque N, Eizaguirre S, Sabater G, Sebastián L, Albasa IF, Peracaula M, Boixadé M, Orriols R, Tura-Ceide O. Post-COVID-19 patients show an increased endothelial progenitor cell production. *Translational Research*. 2022;24:S1931–S244(22)00017-2.

© Болгов Даниил Юрьевич (d.bolgov2015@yandex.ru); Кузнецов Сергей Иванович (09ksi@mail.ru);

Ткаченко Максим Сергеевич (mtkachenko3@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

БАРИАТРИЧЕСКАЯ ХИРУРГИЯ — СПОСОБ ЛЕЧЕНИЯ ОЖИРЕНИЯ

BARIATRIC SURGERY IS A WAY TO TREAT OBESITY

**I. Vashurkina
A. Siprov
D. Puzakova
Zh. Bakhmeteva
D. Zasukhin**

Summary. Today, 2 billion people suffer from obesity, while this number continues not only to grow steadily, but also recently to affect young people aged 18 to 45 years. An integrated approach is certainly important for the treatment of obesity, but with it, weight loss rates are very low. That is why today many people resort to bariatric surgery in order to see the effect as early as possible. In this study, an analysis of the literature data on surgical treatment for obesity was carried out. It was revealed that the first attempt at surgical intervention in the treatment of obesity was made in 1950 by Henriksen in Gothenburg. In addition, after bariatric surgery, the weight of patients is significantly reduced by 20–35 %, while the lost weight does not return, and the risk of diabetes, myocardial infarction, stroke and cancer decreases.

Keywords: surgery, bariatric surgery, obesity, metabolic syndrome, bariatric surgery, gastric resection.

Вашуркина Ирина Михайловна

*К.м.н, доцент, ФГБОУ ВО «Национальный
Исследовательский Мордовский государственный
университет им. Н.П. Огарева»
itpolyakova@ya.ru*

Сипров Александр Владимирович

*Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Национальный
Исследовательский Мордовский государственный
университет им. Н.П. Огарева»
alek-s13@mail.ru*

Пузакова Дарья Владимировна

*ФГБОУ ВО «Национальный
Исследовательский Мордовский государственный
университет им. Н.П. Огарева»
dashapuzakova.puzakova@yandex.ru*

Бахметьева Жанна Вячеславовна

*ФГБОУ ВО «Национальный
Исследовательский Мордовский государственный
университет им. Н.П. Огарева»
z.bakhmeteva@mail.ru*

Засухин Дмитрий Алексеевич

*ФГБОУ ВО «Национальный
Исследовательский Мордовский государственный
университет им. Н.П. Огарева»
dima.zasuhin.dima@yandex.ru*

Аннотация. На сегодняшний день от ожирения страдает 2 миллиарда людей, при этом данное число продолжает не только неуклонно расти, но и в последнее время поражать молодых людей, в возрасте от 18 до 45 лет. Для лечения ожирения безусловно важен комплексный подход, однако при нем показатели снижения веса очень низкие. Именно поэтому, сегодня многие прибегают к бариатрическим операциям для того, чтобы увидеть эффект, как можно раньше. В данном исследовании был проведен анализ литературных данных, посвященных хирургическому лечению при ожирении. Было выявлено то, что первая попытка хирургического вмешательства при лечении ожирения была предпринята в 1950 году Хенриксоном в Гетеборге. Кроме того, после проведения бариатрической операции вес пациентов значительно снижается на 20–35 %, при этом потерянный вес не возвращается, а риск заболеваемости диабетом, инфарктом миокарда, инсультом и раком снижается.

Ключевые слова: хирургия, бариатрическая операция, ожирение, метаболический синдром, бариатрическая хирургия, резекция желудка.

Введение

Согласно определению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ): «Ожирение — это чрезмерное скопление жира, которое может негативно повлиять на здоровье», с 1980 года оно стало превращаться в глобальную эпидемию, которая неумолимо

продолжает расти, затрагивая все новых и новых людей. Эпидемия напрямую зависит от изменений образа жизни, взаимосвязанного не только со здоровьем, но и рядом факторов окружающей среды, к примеру, неправильное питание и сидячий образ жизни. Немало важная роль отдана генетическим, социальным и экологическим факторам. [1] Главная причина возникновения

ожирения — дисбаланс между потреблением калорий и их расходом, в сторону потребления, вследствие чего у человека увеличивается количество жировой ткани, необходимой для компенсации избытка питательных веществ.

На сегодняшний день более 2 миллиардов людей поражены ожирением, примерно более 30 % населения Земли. У детей процент, пораженных 8 %, у мужчин — 13 %, у женщин — 22 %. В развитых европейских странах наиболее часто ожирение диагностируется у населения центральной части Европы — 27 %, при этом больше всего в мире людей с ожирением проживает в США, 50 % взрослого населения страны имеют данный диагноз. Кроме того, на сегодняшний день заболевание приняло «омолаживающее» направление, и его все чаще выявляют у людей в возрасте от 18 до 45 лет. [2] К 2025 году эксперты ВОЗ прогнозируют двухкратное увеличение людей, страдающих ожирением, по сравнению с 2000 годом, будет поражено 40 % мужчин и 50 % женщин. Ожирение сегодня — это неинфекционная пандемия 21 века. [3]

Индекс массы тела (ИМТ) является одним из важнейших методов оценки состояния питания человека и одним из наиболее широко используемых антропометрических показателей. ИМТ получается путем деления веса (кг) на квадрат роста (m^2). В то же время, по данным ВОЗ, если индекс массы тела составляет более $30 \text{ кг}/m^2$, это классифицируется как ожирение, при этом

I класс ожирения — ИМТ от 30 до $34,9 \text{ кг}/m^2$

II класс ожирения — ИМТ от 35 до $39,9 \text{ кг}/m^2$

III класс ожирения — ИМТ, превышающий или равный $40 \text{ кг}/m^2$ (также называемый тяжелым, экстремальным или массивным ожирением) [4]

Следует отметить, что более 60% глобального бремени заболеваний, связанных с ожирением, приходится на людей с ИМТ более 25, которые составляют 10 % от всех людей на планете. Ожирение оказывает непосредственное влияние на функционирование всех систем организма: сердечно-сосудистую (чаще всего у пациентов встречается гипертония, ишемическая болезнь сердца), эндокринную (как правило сопутствующим заболеванием является сахарный диабет 2 типа), опорно-двигательную (протрузии, грыжи); а также способствует развитию онкологических заболеваний и психологических расстройств, поэтому в начале лечения пациентам необходимо пройти обследование с целью выявления причины и осложнений ожирения. [5] Ожирение оказывает непосредственное влияние на общую смертность, зависимость определяется следующим образом: риск смерти возрастает на 29 % при увеличении ИМТ на каж-

дые $5 \text{ кг}/m^2$. По прогнозам ВОЗ, ожидаемая продолжительность жизни людей с ИМТ в диапазоне $30\text{--}45 \text{ кг}/m^2$ снижается на восемь-десять лет. [6]

Кампании общественного здравоохранения играют определенную роль в профилактике ожирения, но мало эффективны у людей с диагностированным ожирением. Текущая комплексная терапия пациентов с ожирением часто направлена на компенсацию метаболических нарушений и сопутствующих заболеваний. Об эффективности выбранной терапии судят по основным показателям обмена веществ. Компоненты комплексной терапии — физическая нагрузка, фармакотерапия, поведенческая терапия, диетотерапия. Как правило, все диетотерапии направлены на снижение калорийности и ряд ограничений в питании. Однако весь комплексный подход до операции имеет существенный недостаток — длительность снижения веса. Поэтому многие врачи рекомендуют пациентам с диагностированным ожирением 3 степени сначала бариатрическую операцию, а уже после переходить на комплексную терапию. Конечно, комплексный подход приводит к значительному снижению веса, но продолжительность такого лечения составляет более 3 лет, в то время как после операции и соблюдении комплексного подхода аналогичный эффект можно увидеть уже через год, при этом наиболее интенсивно потеря веса будет наблюдаться в первые полгода. [7]

Целью данного исследования является осветить наиболее значимые хирургические вмешательства при лечении ожирения.

Результаты исследования и их обсуждение

Сегодня бариатрическая хирургия является одним из наиболее эффективных и доступных методов лечения ожирения. После проведения манипуляции вес пациентов значительно снижается на 20–35 %, при этом потерянный вес не возвращается, а риск заболеваемости диабетом, инфарктом миокарда, инсультом и раком снижается. [8, 9]. Также бариатрическая операция позволяет снизить риск осложнений во время беременности. [10] Вследствие метаболической эффективности бариатрические манипуляции являются одними из новейших методик, направленных на лечение сахарного диабета второго типа. [11] Бариатрическая хирургия структурно изменяет желудочно-кишечный тракт, что приводит к снижению потребления калорий или их всасывания.

Однако, помимо положительных эффектов, бариатрические вмешательства имеют и отрицательные последствия, поскольку они могут непреднамеренно ограничить всасывание кишечных продуктов, включая витамины группы В, витамины А, D, К, минералы: железо, селен, цинк, медь; и лекарственные препараты. [12] После операции пациенты теряют вес, поэтому необходимо

провести мониторинг, а в последующем корректировку схем приема ранее принимаемых лекарств., при необходимости назначить новые. [13] Мониторинг должен проводиться постоянно, в течение всей жизни пациента, также должен осуществляться контроль за всеми макро и микроэлементами, а при необходимости восполнить дефицит. [14]

По результатам данных, полученных из Канады с 2009 года количество проводимых бариатрических операций, растет из года в год в 2 раза. Так, по сравнению с 1997 годом, когда количество операций составляло 40000, в 2018 году число манипуляций увеличилось более чем в 17 раз. [15] По данным Международной федерации хирургии и ожирения ежегодно происходит увеличение географического охвата стран, в которых выполняется бариатрическая операция. Сегодня наиболее часто данный вид хирургического вмешательства встречается в США, в европейских странах лидерами являются Италия, Швеция, Нидерланды. [16]

При этом при операции у больных с диагностированным ожирением соблюдаются следующие пункты:

1. значительное снижение массы тела
2. обратимость операции
3. возможность осуществления рентгенологического и эндоскопического контроля
4. техническая простота выполнения
5. низкое количество послеоперационных осложнений [17]

Первая попытка хирургического вмешательства при лечении ожирения была предпринята в 1950 году Хенриксеном в Гетеборге: во время обширной резекции тонкой кишки у пациента была отмечена значительная потеря веса.

При этом первые рекомендации, содержащие основные положения положительных влияний хирургических вмешательств, были опубликованы в 1991 году Национальным институтом здравоохранения США. Операции тощекишечного шунтирования и билиарно-панкреатического шунтирования были представлены, как наиболее часто выполняемые методы, однако во время их применения наблюдался повышенный риск гидроэлектrolитных нарушений, гипоальбуминемии и недостаточности питания, по вышеуказанным причинам они были прекращены, уступив место существующим процедурам. [18]

В начале развития бариатрической хирургии все операции носили открытый вид. 1990-ые годы вошли в историю медицины, как рассвет лапароскопических технологий, они не остались незамеченными и в бариатрических операциях. После внедрения данной методики удалось снизить травматичность и послеопера-

ционные осложнения, вызванные открытой хирургией, как следствие, это привело к развитию бариатрического метаболического лечения. На сегодняшний день все чаще и чаще в практике стараются проводить операции, в ходе которых будут задействованы роботизированные хирургические системы, обеспечивающие такие преимущества, как гибкость и доступ.

В настоящее время бариатрические операции подразделяют на три группы:

1. операции, направленные на непосредственное ограничение объема потребляемой пищи,
2. мальабсорбтивные операции,
3. комбинированные операции [19]

Наиболее распространёнными методами, направленными на ограничение поступающей пищи, являются бандажирование желудка, рукавная резекция желудка.

Рукавная резекция желудка уменьшает его объем примерно на 70–80 % за счет удаления значительной части по большой кривизне, создавая тем самым тонкую трубку, соединяющую пищевод непосредственно с двенадцатиперстной кишкой. В ходе операции удаляется большая часть тела желудка, таким образом, удаляются продуцирующие грелин клетки в желудке, что приводит к уменьшению циркулирующего грелина, ускорению опорожнения желудка и повышенной секреции кишечных гормонов, глюкагоноподобного пептида-1 и пептида YY [20,21].

Важно отметить, что в ходе опроса людей, которым была проведённая данная операция, была выявлена значительная потеря массы тела, стабилизация гликемии, ремиссия сахарного диабета второго типа, а также потребность в приеме антигипертензивных препаратов. [22] Таким образом, данный метод характеризуется высокой эффективностью, показатель снижения веса сохраняется и через два года после операции у большинства пациентов [23]

Первые описания лапароскопического бандажирования желудка приходятся на 1993 год. С тех пор этот метод претерпел множество изменений, доработок и усовершенствований. С 2000 по 2010 годы бандажирование желудка являлось самой распространенной бариатрической операцией в мире, но за последние десять лет методика ушла с ведущей позиции на четвертое место распространенности. [24]

Во время лапароскопического бандажирования верхняя часть желудка фиксируется ограничительной лентой, образующей мешочек, отделяемый лентой от остальной части желудка. В ходе операции повязку накладывают на 1–2 см ниже желудочно-пищеводного перехода и закрепляют на месте монофиламентным

швом кардии и глазного дна под повязкой к мешочку над повязкой. Считается, что наличие бандажа в таком положении приводит к накоплению пищи в проксимальной части желудка, прежде чем постепенно попасть в остальную часть кишечника. Работа бандажа заключается в непосредственном ограничении объема проглоченной пищи до того, который может поместиться в проксимальном мешочке. Механизм действия бандажа включает в себя стимулирование раннего и длительного насыщения, но события, приводящие к этому, гораздо сложнее, чем просто хранение пищи в проксимальном мешочке. [25] Основной плюс данной методики — непосредственная регулировка бандажа, что усиливает эффект похудения без ущерба для здоровья. Важной особенностью бандажирования желудка является не изменяемый уровень холестерина в крови, но при этом концентрация триглицеридов снижается на 20–30%. [26] Несмотря на минимально инвазивный характер, ревизионные операции с использованием этой методики часто наблюдаются из-за послеоперационных осложнений, таких как соскальзывание повязки, расширение мешочка и изнашивание бандажа. Ревизии могут включать замену повязки или переход к другим бариатрическим процедурам. [27]

По результатам сравнительного анализа лапароскопического бандажирования желудка и лапароскопической рукавной резекцией желудка за 2019 год: спустя 6 месяцев после проведения данных операций выявлены высокие показатели потери веса у пациентов с резекцией, нежели чем у пациентов, перенесших бандажирование, а при анализе еще через 3 месяца различия в результатах снижения веса не отмечались. Однако резекция имеет существенное преимущество перед бандажированием, поскольку она способствует ремиссии сахарного диабета второго типа в послеоперационном периоде. Однако, что резекция, что бандажирование одинаково влияют на артериальную гипертензию.

К мальабсорбтивным операциям относят еюноилеошунтирование и еюноколошунтирование. Однако сегодня мальабсорбтивные операции утратили свою клиническую значимость и представляет лишь исторический интерес для ученых медиков.

При этом если сравнивать между собой эти два метода, то наиболее популярен в свое время был метод еюноилеошунтирования, произведенный впервые в 1952 году в Швеции, наибольшую распространенность данный метод получил в первой половине 20 века. Суть операции заключается в том, что начальная часть тощей кишки анастомозируется с конечной частью подвздошной кишки, при этом снижается всасывание питательных веществ в тонком кишечнике. Однако после данного вмешательства существует риск развития специфических послеоперационных осложнений. Именно

из-за этого были предприняты успешные попытки к разработке новых и усовершенствованию старых методик бариатрической операции. [28]

Комбинированные методы включают билиарно-панкреатическое шунтирование. Суть данного хирургического вмешательства заключается в удалении значительной части желудка, в результате его уменьшения, а также выключении большей части тонкой кишки из пищеварительного тракта, за счет формирования обходного анастомоза — интерстициального анастомоза по Ру-ан-И, а также сохранение анастомоза между луковицей двенадцатиперстной кишки и подвздошной кишкой. Преимуществами данной методики является значительная потеря избыточной массы тела, полноценная сахарного диабета 2 типа, артериальной гипертензии, жировой дистрофии. [29]

Именно желудочное шунтирование по методу Ру-ан-И является золотым стандартом лечения ожирения. Этот метод связан со многими анатомическими и физиологическими изменениями. В ходе операции формируется небольшой желудочный мешочек, объемом 25 мл, в результате чего происходит повышение pH желудка. Желудочный мешочек напрямую соединяется с нижней частью кишечника, минуя тонкую кишку и желчный пузырь. [30] Результатом операции является повышение уровня гормонов, секретируемых преимущественно энтероэндокринными клетками нижнего отдела тонкой кишки. Эта процедура очень эффективна и приводит к потере почти всей массы тела на 35,8% за 1 год и на 27,7% за 10 лет. [31]

Важно помнить, что в основе рукавной резекции желудка и метода Ру-ан-И лежат анатомические различия, которые, в свою очередь, оказывают непосредственное влияние на механизмы, которые приводят к снижению веса от этих двух операций. Исследования, сравнивающие потерю веса при данных методах, показывают, что через 3 года может наблюдаться незначительная разница в потере веса в пользу метода Ру-ан-И.

По ряду заключений медицинских специалистов следует то, что можно сделать смертность в течение 30 лет после бариатрических операций на 49,2% ниже, чем у контрольных пациентов с ожирением с другим специфическим лечением или без него. [32]

Заключение

Исходя из всей проанализированной литературы можно сделать следующие выводы:

1. Бариатрическая хирургия в настоящее время является наиболее эффективным методом лечения долговременной потери веса у пациентов с патологическим ожирением.

2. Развитие бариатрической хирургии не стоит на месте: ученые модернизируют имеющиеся оперативные вмешательства, разрабатывают новые методики, внедряют инновационные технологии для лечения ожирения.
3. Ежегодно отмечается прирост проведенных бариатрических операций во всех странах мира
4. Кроме того, она эффективна при лечении сопутствующих заболеваний, связанных с ожирением, таких как сахарный диабет 2 типа и гипертония.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wang, Y., Beydoun, M.A., Min, J., Xue, H., Kaminsky, L.A., Cheskin, L.J. Has the prevalence of overweight, obesity and central obesity levelled off in the United States? Trends, patterns, disparities, and future projections for the obesity epidemic // *International journal of epidemiology*. 2020. Vol. 49. Is.3. P. 810–823.
2. Malik V.S., Hu F.B. The role of sugar-sweetened beverages in the global epidemics of obesity and chronic diseases // *Nature reviews. Endocrinology*. 2022. Vol. 18. Is. 4. P. 205–218.
3. Медведев Ж.А. Эпидемия ожирения (Глава 14 из книги «Проблемы питания и долголетия») // *Историко-биологические исследования*. 2019. № 2. С. 9–19.
4. Frigolet M.E., Dong-Hoon K., Canizales-Quinteros S., Gutiérrez-Aguilar R. Obesity, adipose tissue, and bariatric surgery // *Obesidad, tejido adiposo y cirugía bariátrica. Boletín médico del Hospital Infantil de México*. 2020. Vol. 77. Is. 1. P. 3–14.
5. Fink J., Seifert G., Blüher M., Fichtner-Feigl S., Marjanovic G. Obesity Surgery. // *Deutsches Arzteblatt internationa*. 2022 Vol. 119. Is. 5. P. 70–80.
6. Syn N.L., Cummings D.E., Wang L.Z., Lin D.J., Zhao J.J., Loh M., Koh Z.J., Chew C.A., Loo Y.E., Tai B.C., Kim G., So J.B., Kaplan L.M., Dixon J.B., Shabbir A. Association of metabolic-bariatric surgery with long-term survival in adults with and without diabetes: a one-stage meta-analysis of matched cohort and prospective controlled studies with 174 772 participants // *Lancet*. 2021. Vol. 397. Is. 10287. P. 1830–1841.
7. Бирюкова Е.В., Платонова Н.М. Ожирение: состояние проблемы и возможности терапии в XXI веке // *Эффективная фармакотерапия*. 2019. № 41. С. 32–40.
8. Aminian A., Wilson R., Al-Kurd A., Tu C., Milinovich A., Kroh M., Rosenthal R.J., Brethauer S.A., Schauer P.R., Kattan M.W., Brown J.C., Berger N.A., Abraham J., Nissen S.E. Long-Term Outcomes After Bariatric Surgery: a Systematic Review and Meta-analysis of Weight Loss at 10 or More Years for All Bariatric Procedures and a Single-Centre Review of 20-Year Outcomes After Adjustable Gastric Banding // *Obesity surgery*. 2022 Vol.29. Is. 1. P. 3–14.
9. Reges O., Greenland P., Dicker D., Leibowitz M., Hoshen M., Gofer I., Rasmussen-Torvik L.J., Balicer R.D. Association of bariatric surgery using laparoscopic banding, Roux-en-Y gastric bypass, or laparoscopic sleeve gastrectomy vs usual care obesity management with all-cause mortality // *JAMA*. 2018. Vol. 319. Is.3. P. 279–290.
10. Alamri S.H., Abdeen G.N. Maternal Nutritional Status and Pregnancy Outcomes Post-bariatric surgery // *Obesity surgery*. 2022. Vol. 32. Is. 4. P. 1325–1340.
11. Поляков А.А., Соловьев А.О., Бессонов К.А., Воробьева А.А. Современные представления о бариатрической хирургии как о методе лечения ожирения // *Доказательная гастроэнтерология*. 2023. №12. С. 79–87.
12. Min J., Zhao Y., Slivka L., Wang Y. Double burden of diseases worldwide: coexistence of undernutrition and overnutrition-related non-communicable chronic diseases // *Obesity reviews: an official journal of the International Association for the Study of Obesity*. 2018. Vol. 19. Is. 1. P. 49–61.
13. Krzizek E.C., Brix J.M., Stöckl A., Parzer V., Ludvik B. Prevalence of Micronutrient Deficiency after Bariatric Surgery // *Obesity facts*. 2021. Vol. 14. Is. 2. P. 197–204.
14. Lorico S., Colton B. Medication management and pharmacokinetic changes after bariatric surgery // *Canadian family physician Medecin de famille canadien*. 2020. Vol. 66. Is. 6. P. 409–416.
15. Welbourn R., Hollyman M., Kinsman R., Dixon J., Liem R., Ottosson J., Ramos A., Våge V., Al-Sabah S., Brown W., Cohen R., Walton P., Himpens J. Bariatric Surgery Worldwide: Baseline Demographic Description and One-Year Outcomes from the Fourth IFSO Global Registry Report // *Obesity surgery*. 2018. Vol. 29. Is. 3. P. 782–795.
16. Баландов С.Г., Василевский Д.И., Анисимова К.А., Хамид З.М., Шкредов Д.В. Принципы выбора бариатрических вмешательств (обзор литературы) // *Ученые записки СПбГМУ им. И.П. Павлова*. 2020. №4. С. 38–45.
17. Седлецкий Ю.И., Неймарк А.Е., Мирчук К.К., Анисимова К.А. К вопросу о хирургическом лечении метаболического синдрома // *Ожирение и метаболизм*. 2013. №4. С. 27–31
18. Kingma, J.S., Burgers, D.M.T., Montpellier, V.M., Wiezer, M.J., Blussé van Oud-Alblas, H.J., Vaughns, J.D., Sherwin, C.M.T., Knibbe, C.A.J. Oral drug dosing following bariatric surgery: General concepts and specific dosing advice // *British journal of clinical pharmacology*. 2021. Vol. 87. Is. 12. P. 4560–4576.
19. Wei Y., Li P., Zhang, S. From surgery to endoscopy: the evolution of the bariatric discipline // *Chinese medical journal*. 2022. Vol. 135. Is. 20. P. 2427–2435.
20. Evers S.S., Lewis A.G., Tong C., Shao Y., Alvarez R., Ridelman E., Grant B., Seeley R. J. The Unconventional Role for Gastric Volume in the Response to Bariatric Surgery for Both Weight Loss and Glucose Lowering // *Annals of surgery*. 2020. Vol. 271. Is. 6. P. 1102–1109.
21. Xu G., Song M. Recent advances in the mechanisms underlying the beneficial effects of bariatric and metabolic surgery // *Surgery for obesity and related diseases: official journal of the American Society for Bariatric Surgery*. 2021. Vol. 17. Is. 1. P. 231–238.
22. Dungan W.C., Garrett M.R., Welch B.A., Lawson W.J., Himel A.R., Dungey A., Vick K.D., Grayson B.E. Whole genome transcriptome analysis of the stomach resected in human vertical sleeve gastrectomy: cutting more than calories // *Physiological genomics*. 2021. Vol. 53. Is. 5. P. 193–205.
23. Стебунов С.С., Глинник А.А., Германович В.И. Технические аспекты лапароскопической рукавной гастрэктомии у пациентов с ожирением // *Magyar Tudomány Journal*. 2020. №37. С. 30–34.
24. Park Y.S. Revisional Surgery After Adjustable Gastric Banding: Sleeve Gastrectomy or Gastric Bypass? // *Journal of metabolic and bariatric surgery*. 2022. Vol. 11. Is. 2. P. 49–53.
25. Leca B.M., Khan U., Abraham J., Halder L., Shuttlewood E., Shah N., Ellis H. L., Aylwin S.J.B., Barber T.M., Menon V., Randeve H.S., Dimitriadis G.K. Laparoscopic Adjustable Gastric Banding-Should a Second Chance Be Given? // *Obesity surgery*. 2020. Vol. 30. Is. 8. P. 2913–2919.

26. Мирчук К.К., Василевский Д.И., Анисимова К.А., Давлетбаева Л.И. Метаболические эффекты бариатрических операций // Педиатр. 2019. № 2. С. 99–109.
27. Jirapinyo P., Kumar N., AlSamman M.A., Thompson C.C. Five-year outcomes of transoral outlet reduction for the treatment of weight regain after Roux-en-Y gastric bypass // Gastrointestinal endoscopy. 2020. Vol. 91. Is.5. P. 1067–1073.
28. Кашенко В.А., Стрижелецкий В.В., Неймарк А.Е., Мицинская А.И., Мицинский М.А., Лодыгин А.В., Ахметов А.Д., Назаренко А.А. Бариатрическая хирургия. М.: Учебно-методическое пособие, 2020. 48 с.
29. Баландов С.Г., Василевский Д.И., Анисимова К.А., Хамид З.М., Шкредов Д.В. Принципы выбора бариатрических вмешательств (обзор литературы) // Ученые записки СПбГМУ им. И. П. Павлова. 2020. №4. С. 38–45.
30. Баширов С.Р., Самойлова Ю.Г., Саприна Т.В., Баширова А.С., Тимергазин Д.Э., Касьянова М.Ю., Криницкий Д.В. Билиопанкреатическое шунтирование — новый взгляд на рестриктивный этап бариатрической операции // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. 2020. №1. С. 92–98.
31. Al Mansoori A., Shakoор H., Ali H.I., Feehan J., Al Dhaheri A.S., Cheikh Ismail L., Bosevski M., Apostolopoulos V., Stojanovska L. The Effects of Bariatric Surgery on Vitamin B Status and Mental Health // Nutrients. 2021. Vol. 13. Is.4. P. 1383–1385.
32. Pucci A., Batterham R.L. Mechanisms underlying the weight loss effects of RYGB and SG: similar, yet different // Journal of endocrinological investigation. 2019. Vol. 42. Is. 2. P.117–128.

© Вашуркина Ирина Михайловна (impolyakova@ya.ru); Сипров Александр Владимирович (alek-s13@mail.ru);
Пузакова Дарья Владимировна (dashapuzakova.puzakova@yandex.ru); Бахметьева Жанна Вячеславовна (z.bakhmeteva@mail.ru);
Засухин Дмитрий Алексеевич (dima.zasuhin.dima@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОВРЕМЕННЫЕ ДАННЫЕ О РОЛИ ЛИПОПРОТЕИНА (А) В РАЗВИТИИ САХАРНОГО ДИАБЕТА

CURRENT DATA ON THE ROLE OF LIPOPROTEIN (A) IN THE DEVELOPMENT OF DIABETES MELLITUS

**K. Kallaeva
Iu. Kotova
M. Luschnik
O. Ostroukhova
A. Makeeva
V. Dugusheva
I. Tyurkin**

Summary. This literature review is devoted to the role of lipoprotein (a) in the development of diabetes mellitus. The review draws attention to the relationship between elevated Lp(a) levels and the risk of developing type 2 diabetes, as well as its negative impact on the growth of collateral vessels and the function of endothelial cells. The concentration of Lp(a) in plasma is determined by the hepatic production of apolipoprotein (a) [apo(a)] Lp(a), and its level can be regulated using nucleic acids. Changing behavioral and clinical risk factors may contribute to reducing Lp(a)-mediated risk of cardiovascular disease. The basic principles of clinical practice for reducing Lp(a) levels await the results of clinical trials using RNA-oriented therapies. The review also examines the role of other lipoprotein-associated proteins in the development of diabetes.

Objective: to study current data on the role of lipoprotein (a) in the development of diabetes mellitus and to assess its relationship with other risk factors for cardiovascular diseases.

Methods: statistical, bibliometric, analysis.

Results: lipoprotein(a) [Lp(a)] has an inverse relationship with the risk of type 2 diabetes in the general population (approximately <7 mg/dl). Lp(a) is produced and accumulates in the liver, less is known about its clearance from plasma. No specific receptor has been described for Lp(a) removal, and the exact mechanisms have not been determined. The risk of cardiovascular complications increases as Lp(a) levels increase according to the results in patients without T2DM. Elevated Lp(a) was significantly associated with serious cardiovascular complications, especially among patients with T2DM.

Conclusions: This study confirms the link between Lp(a) levels and cardiovascular complications, especially in diabetic patients, and indicates the potential of new therapies to reduce Lp(a) levels and prevent cardiovascular complications. However, further research is needed to better understand the mechanisms of Lp(a) influence on the development of cardiovascular diseases and the effectiveness of treatment methods.

Keywords: apolipoproteins, cardiovascular complications, lipoprotein(a) [Lp(a)], diabetes, PCSK9.

Каллаева Карина Курбан Магомедовна
Воронежский государственный медицинский
университет имени Н.Н. Бурденко,
kallaevakarina@gmail.com

Котова Юлия Александровна
Д-р мед. наук, доц., Воронежский государственный
медицинский университет имени Н.Н. Бурденко,
kld@vrngtmu.ru

Лущик Марина Валерьевна
Канд. биол. наук, доц., Воронежский государственный
медицинский университет имени Н.Н. Бурденко,
m.lushhik@vrngtmu.ru

Остроухова Оксана Николаевна
Канд. мед. наук, доц., Воронежский государственный
медицинский университет имени Н.Н. Бурденко,
onostrouhova@vrngtmu.ru

Makeeva Анна Витальевна
Канд. биол. наук, доц., Воронежский государственный
медицинский университет имени Н.Н. Бурденко,
a.makeeva@vrngtmu.ru

Дугушева Валерия Александровна
Асс., Воронежский государственный медицинский
университет имени Н.Н. Бурденко,
kld@vrngtmu.ru

Тюркин Игорь Александрович
Асс., Воронежский государственный медицинский
университет имени Н.Н. Бурденко;
Директор, ООО Компания «Новые медицинские
технологии»
kld@vrngtmu.ru

Аннотация. Данный литературный обзор посвящен роли липопротеина (а) в развитии сахарного диабета. В обзоре обращено внимание на связь между повышенным уровнем Lp(a) и риском развития диабета 2 типа, а также на его негативное влияние на рост коллатеральных сосудов и функцию эндотелиальных клеток. Концентрация Lp(a) в плазме определяется печеночным производством аполипопротеина (а) [apo(a)] Lp(a), и его уровень может быть регулирован использованием нуклеиновых кислот. Изменение поведенческих и клинических факторов риска может способствовать снижению Lp(a)-опосредованного риска сердечно-сосудистых заболеваний. Основные принципы клинической практики по снижению уровня Lp(a) ожидают результатов клинических испытаний с использованием методов лечения, ориентированных на РНК. Также в обзоре рассматривается роль других белков, ассоциированных с липопротеином, в развитии диабета.

Цель: изучение современных данных о роли липопротеина (а) в развитии сахарного диабета и оценка его связи с другими факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний.

Методы: статистические, библиометрические, анализ.

Результаты: липопротеин(а) [Lp(a)] имеет обратную связь с риском диабета 2 типа в общей популяции (приблизительно <7 мг/дл). Lp(a) производится и накапливается в печени, меньше известно о его клиренсе из плазмы.



Введение

Сахарный диабет является одним из наиболее распространенных хронических заболеваний в мире. В данном обзоре будет рассмотрена роль липопротеина (а) в развитии диабета и его связь с различными факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний. Также будет проанализировано влияние поведенческих и клинических факторов на уровень Lp(a) и возможности его снижения. Изучение данных о роли Lp(a) в развитии диабета может помочь в разработке новых методов профилактики и лечения данного заболевания.

Материалы и методы

Статистические методы и библиометрический анализ играют важную роль в изучении масштабных явлений и развитии информационных областей. Количественные данные, собранные с помощью статистических методов, позволяют выявить общие закономерности и устранить случайные отклонения. Однако библиометрические методы позволяют не только изучить структуру и взаимосвязь явлений, но и оценить информационный интерес и уровень информационной культуры общества.

Один из важных аспектов библиометрического анализа — это подсчет количества публикаций. Это позволяет оценить активность и насыщенность исследуемой области. Кроме того, контент-анализ является неотъемлемой частью библиометрического анализа. Он позволяет определить смысловые единицы в текстах, такие как авторы, произведения и даты выпуска книг. Анализируя эти данные, можно получить информацию о предпочтениях и интересах аудитории, а также о ее информационной культуре. Применение библиометрических методов не ограничивается только научными исследованиями. Они также могут быть полезны в различных сферах познания, таких как образование, маркетинг и развитие бизнеса. Например, анализируя цитатный-индекс, мож-

Для удаления Lp(a) не было описано никакого специфического рецептора, и точные механизмы не определены. Риск сердечно-сосудистых осложнений увеличивается по мере повышения уровня Lp(a) в соответствии с результатами у пациентов без T2DM. Повышенный Lp(a) был значительно связан с серьезными сердечно-сосудистыми осложнениями, особенно среди пациентов с T2DM.

Выводы: данное исследование подтверждает связь между уровнем Lp(a) и сердечно-сосудистыми осложнениями, особенно у пациентов с диабетом, и указывает на потенциал новых методов лечения для снижения уровня Lp(a) и предотвращения сердечно-сосудистых осложнений. Однако, необходимы дальнейшие исследования, чтобы более полно понять механизмы влияния Lp(a) на развитие сердечно-сосудистых заболеваний и эффективность методов лечения.

Ключевые слова: аполипопротеины, сердечно-сосудистые осложнения, липопротеин(а) [Lp(a)], диабет, PCSK9.

но оценить влияние определенных источников и определить их репутацию и авторитетность.

Библиометрические методы также позволяют отслеживать динамику развития явлений в информационной сфере. Сравнивая данные из разных периодов времени, можно выявить тенденции и изменения в предпочтениях и интересах аудитории. Это может быть полезно для прогнозирования будущих направлений развития и планирования стратегий информационных проектов.

В целом, статистические методы и библиометрический анализ являются мощными инструментами для изучения масштабных явлений и информационных областей. Они позволяют получить количественные характеристики, выявить общие закономерности и оценить информационный интерес и уровень информационной культуры общества. Эти методы могут быть полезны в различных сферах, от научных исследований до разработки маркетинговых стратегий.

Материалы: за основу литературного обзора были взяты статьи из научных библиотек PUBMED и ELSEVIER, а также статьи из профессиональных иностранных журналов.

Литературный обзор

Диабет является одним из самых распространенных хронических заболеваний во всем мире. Системное воспаление (высокочувствительный С-реактивный белок (hs-CRP)) и нарушение метаболизма липидов (липопротеин А, LipoPr (a)) играют решающую роль в развитии и прогрессе атеросклероза и острого коронарного синдрома у пациентов с диабетом. Lp(a) и диабет являются установленными факторами риска развития сердечно-сосудистых заболеваний [11, 16]. Статус липопротеина (а) [Lp(a)] как фактора сердечно-сосудистого риска был изучен благодаря достижениями генетики [14].

Липопротеин(а) [Lp(a)] имеет обратную связь с риском диабета 2 типа в общей популяции (приблизительно <7 мг/дл) [19,27].

Высокий уровень Lp(a) негативно влияет на рост коллатеральных сосудов, вызывая дисфункцию эндотелиальных клеток с помощью различных механизмов [26].

Повышенные уровни Lp(a) могут повлиять на прогноз у пациентов с пред-DM (преддиабетом), предполагая, что Lp(a) может помочь в дальнейшем стратифицировать стабильных пациентов с ИБ (ишемической болезнью) с нарушением метаболизма глюкозы [9,22].

Концентрация Lp(a) в плазме определяется печеночным производством компонента аполиполипротеина (а) [apo(a)] Lp(a), поддерживая использование нуклеиновых кислот, которые ингибируют транскрипт гена мессенджера РНК (мРНК) для apo(a). Повышенный риск сахарного диабета 2 типа, связанный с низким уровнем Lp(a), требует дальнейшего изучения. Наибольший прогресс в терапии снижения Lp(a) основан на использовании РНК-терапии, которая в настоящее время исследуется в клинических испытаниях.

Изменение поведенческих и клинических факторов риска может быть направлено на снижение Lp(a)-опосредованного риска сердечно-сосудистых заболеваний. Главные принципы клинической практики были разработаны для устранения высокого уровня Lp(a), но полная реализация ожидает результатов клинических испытаний с использованием проводимых в настоящее время методов лечения, ориентированных на РНК [8].

Некоторые отдельные белки, ассоциированные с липопротеином, играют роль в диабете. Резистентность к инсулину специально связана с apo C-III как при диабете 1 типа, так и при диабете 2 типа. Apo C-III активирует кальциевый канал в бета-клетках, что приводит к гибели клеток. Уровень C-III связан как с инсулинорезистентностью, так и с атеросклеротическим сосудистым заболеванием. Уровни Apo L-1 положительно связаны с плазматриглицеридами и гипергликемией. Было обнаружено, что уровни жирных кислот-связывающего белка-4 положительно связаны с риском диабета 2 типа, печеночного глюконеогенеза и снижения активности периферического инсулина. В настоящее время выявлены некодирующие виды РНК, которые играют очевидную роль в биологии, связанной с атеросклерозом. Как и во многих других метаболических путях, также появляются длинные, некодирующие РНК, которые являются регуляторными в липидном метаболизме [12].

Lp(a) — это высокополимерная частица, которая структурно похожа, но больше, чем липопротеины низкой плотности (ЛПНП). Наличие гидрофильных глико-

протеинов, называемых apo(a), который как нековалентно, так и ковалентно связан с аполипротеином В-100 (apoB), является основой частицы. В apo(a) есть несколько повторяющихся копий последовательностей, гомологичных домену 4 (KIV) плазминогена. IV-подобные единицы kringle отличаются по своей аминокислотной последовательности, при этом kringle 4 type-2 (KIV2) присутствует с различными номерами копий (от 12-51), в то время как все остальные присутствуют в виде отдельных копий. В доменах KIV7 и KIV8 слабые сайты связывания лизина взаимодействуют нековалентно с доменами лизина apoB, в то время как ковалентная связь дисульфида происходит с остатком цистеина в KIV9. Домен KIV10 содержит сильный сайт связывания лизина, который опосредует взаимодействия между apo(a) и биологическими субстратами, включая фибрин и окисленный фосфолипид. Изоформа KIV2 представляет наибольший интерес, поскольку ее количество повторений связано с концентрацией Lp(a): низкие числа связаны с небольшими изоформами apo(a) и более высокими уровнями Lp(a) в плазме, в то время как большое количество повторений приводит к большим изоформам apo(a) и более низким концентрациям Lp(a). Есть >30 изоформ Lp(a), при этом 80 % людей несут 2 изоформы разного размера. Концентрация Lp(a) в плазме в основном генетически определяется воздействием KIV и генетических вариантов в *LPA*, при этом повторы KIV2 составляют от 30 % до 70 % изменчивости. В то время как повторы KIV составляют большую долю изменения концентрации Lp(a), несколько генетических полиморфизмов в пределах повторов влияют на взаимную связь размера изоформы с концентрациями Lp(a) в плазме. Эти ассоциации концентраций Lp(a) с генетикой apo(a) также, вероятно, будут зависеть от происхождения [30].

Сложная структура apo(a) объясняет некоторые из его биологических свойств, а также проблемы с точным измерением. Его биосинтез происходит от транскрипции его гена *LPA* и уровней в плазме липопротеинов, которые секретируются из печени, определяемые в основном размером аллелей *LPA* и приводящие к обратной корреляции между размером изоформы apo(a) и концентрацией липопротеинов в плазме [30].

Генетические вариации *LPA* являются основными детерминантами циркулирующих концентраций Lp(a). Тем не менее, ассоциации однонуклеотидных полиморфизмов (SNP) *LPA* с размером изоформ apo(a) и уровнями Lp(a) могут сильно варьироваться в зависимости от этнических групп. Исследования показали, что связь между генотипами *LPA* с концентрациями Lp(a) и ASCVD была причинно-следственной [12].

Lp(a) производится и накапливается в печени, меньше известно о его клиренсе из плазмы. Для удаления Lp(a) не было описано никакого специфического рецеп-

тора, и точные механизмы неопределены. Вполне вероятно, что apo(a) препятствует связыванию липопротеина с рецепторами для apoB. Это объяснило бы длительный период полураспада Lp(a); его длительное время пребывания в кровообращении облегчает транспортировку окисленных фосфолипидов и инфильтрацию в субэндотелиальное пространство артерий. О том, что только незначительное удаление, которое происходит через рецептор ЛПНП, подтверждается повышенными концентрациями среди лиц с семейной гиперхолестеринемией (FH), состоянием, характеризующимся частичной или полной потерей рецепторов ЛПНП. Степень клиренса происходит через рецепторы ЛПНП, как это наблюдается при введении PCSK9, который снижает как ЛПНП, так и Lp(a). Кинетические исследования Lp(a) показали, что ингибирование PCSK9 незначительно стимулирует клиренс, не влияя на производство, за исключением случаев, когда Lp(a) существенно повышен [10].

С другой стороны, статины не снижают Lp(a) и могут парадоксально повышать его, предполагая участие независимых путей рецепторов ЛПНП. Механизм повышения концентрации Lp(a) статинов неясен; он наиболее заметен у людей с небольшими изоформами apo(a), что свидетельствует о влиянии на печеночную секрецию apo(a).

PCSK9-целевые агенты в качестве монотерапии могут непосредственно снизить выработку секреции apo(a) в печени. Антагонизм PCSK9 может усиливать клиренс Lp(a) через нерепторные опосредованные пути, например, через связывание моноклонального антитела к Lp(a), связанному с PCSK9, и усиленный катаболизм этого комплекса. Степень почечного клиренса предполагается повышенными концентрациями Lp(a) при снижении скорости клубочковой фильтрации, а также снижением концентрации Lp(a) после трансплантации почек, в то время как трансплантация почек снижает повышенные концентрации Lp(a) [2].

Lp(a) связан с ASCVD (Atherosclerotic Cardiovascular Disease) в основном через проатерогенную apo(a) часть, провоспалительный окисленный фосфолипидный компонент и протромботические эффекты (считая его потенциальное ингибирование плазминогена). В некоторых патологических метаболических средах фосфолипиды Lp(a) подвергаются окислению и транспортируются в катаболические участки, где они вызывают повреждение, клеточные эффекты *In vitro* также продемонстрировали провоспалительные эффекты, нарушение эндотелия, адгезию тромбоцитов и пролиферацию гладких мышечных клеток [30].

Риск сердечно-сосудистых осложнений увеличивается по мере повышения уровня Lp(a) в соответствии с результатами у пациентов без T2DM. Повышенный

Lp(a) был значительно связан с серьезными сердечно-сосудистыми осложнениями, особенно среди пациентов с T2DM. Несмотря на вышеупомянутый риск, вполне вероятно, что сердечно-сосудистая польза с заметным снижением Lp(a) с новыми методами лечения перевесит возможные неблагоприятные последствия диабета, но это требует проверки [17].

Недавние исследования показывают, что уровни триглицеридов выше 300 мг/дл (3,4 ммоль/л) связаны с более низкими концентрациями Lp(a) и что содержание триглицеридов в частицах липопротеинов очень низкой плотности может привести к уменьшению образования частиц Lp(a). Было высказано предположение, что гипертриглицеридемия может непосредственно ингибировать образование Lp(a), что подтверждается исследованиями, показывающими постпрандиальное перераспределение apo(a) из Lp(a) в богатые триглицеридами липопротеины, но эта теория требует подтверждения [3].

Наблюдательные и генетические данные подтверждают причинно-следственную связь между высокой концентрацией Lp(a) в плазме крови и повышенным риском атеросклерозных сердечно-сосудистых заболеваний, таких как инфаркт миокарда и инсульт, а также стеноз аорты клапанов [31].

Точное измерение Lp(a) приобретает все большее значение по мере того, как область движется к рассмотрению Lp(a) в качестве компонента оценки клинического риска и по мере того, как становятся доступны конкретные методы лечения, снижающие Lp(a). Уровни Lp(a) устанавливаются в раннем детстве и остаются относительно стабильными на протяжении всей жизни человека, и поэтому одно измерение, как правило, считается достаточным. Тем не менее, несколько условий могут повлиять на уровни Lp(a). Например, сообщалось о переходных повышениях Lp(a) сразу после события ССД. Также хорошо установлено, что уровни Lp(a) увеличиваются после менопаузы, хотя значимость этого повышения не очень хорошо известна. Кроме того, различные заболевания могут модулировать уровни Lp(a), включая заболевания печени, хронические заболевания почек и сахарный диабет. В этих случаях могут потребоваться дополнительные измерения Lp(a). Сообщалось о временном повышении уровня Lp(a) при остром воспалении¹²; это происходит в первую очередь из-за элемента ответа интерлейкина-6 (IL-6) в гене *LPA*, который повышает его экспрессию. Таким образом, базовые уровни Lp(a) не могут быть надежно определены во время острой фазы воспаления [20, 23].

В перекрестном исследовании демонстрируется значительная связь между уровнем Lp(a) и сосудистыми осложнениями у пациентов с диабетом 1 типа. Насколь-

ко известно, это крупнейшее исследование диабета 1 типа Lp(a) и его влияния на ССД. Высокие уровни Lp(a) (>120 нмоль/л) связаны с 1,5-кратным увеличением CVD RRR, которое в основном обусловлено коронарными событиями, и 2-кратным увеличением RRR при кальцинированной болезни аортального клапана. Рекомендации Европейского общества кардиологов (ESC) и Европейского общества атеросклероза (EAS) определяют Lp(a) >50 мг/дл (~120 нмоль/л) в качестве высокого уровня риска. Таким образом, исследование подтверждает, что этот уровень актуален и для уязвимого населения с диабетом 1 типа [4, 13].

Хотя Lp(a) способствует развитию сердечно-сосудистых заболеваний у пациентов с диабетом, немногие испытания исследовали преимущества снижения Lp(a) в этой популяции пациентов. Кроме того, руководящие принципы конкретно не касаются риска, связанного с повышенными уровнями Lp(a). Несмотря на это, Lp(a) следует измерять у пациентов с диабетом и учитывать при оценке их общего риска [29].

Дополнительная клинически значимая проблема, которая может оказать влияние, если эти ассоциации являются причинно-следственными, заключается в том, могут ли препараты, снижающие Lp(a), также индуцировать развитие T2DM (диабета 2 типа). Можно экстраполировать, что уровни Lp(a) <5 мг/дл присутствуют в ~10 % населения мира (30); таким образом, более 700 миллионов человек уже имеют уровни Lp(a), где низкие уровни могут иметь широкое демографические последствия [28].

Новые исследования демонстрируют большой потенциал в различных методах лечения диабета путем стабилизации Lp(a) [15, 25].

Метформин оказывает благотворное влияние на уровни Lp(a) и PAI-1 при диабете 2 типа, поэтому снижение их концентрации поможет предотвратить ИБС, известной причины смерти у пациентов с диабетом [1, 18].

Нано-куркумин заметно распространил количество пациентов с легкой (34,35 %) и умеренной (62,5 %) категорией уровня hs-CRP и поразительно уменьшил количество пациентов с тяжелой категорией уровня hs-CRP (3,125 %) по сравнению с группой плацебо ($P = 0,016$). Нано-куркумин (80 мг/день) может предотвратить прогрессирование атеросклероза и, с точки зрения ослабления уровней hs-CRP в качестве индекса воспаления, успешность сердечно-сосудистых событий у пациентов с диабетом [5].

Алирокумаб оказал нейтральное общее влияние на случай диабета 2 типа. Тем не менее, связанное с лечением снижение липопротеинов (a), более выраженное по сравнению с высокими базовыми уровнями, было

связано с повышенным риском падающего диабета 2 типа. Относятся ли эти результаты к другим методам лечения, которые снижают уровень липопротеина (a), не определено [6].

Ингибиторы PCSK9 хорошо переносятся и обеспечивают значительное снижение ЛПНП-С у лиц с гиперлипидемией и сахарным диабетом в дополнение к максимально переносимой терапии статинов, без потери гликемического контроля или повышенного риска развития сахарного диабета у тех, у кого ранее не было сахарного диабета, и могут предотвратить или уменьшить дальнейшие сердечно-сосудистые события [7, 21].

Но пациентов с недавними острыми коронарными синдромами и ЛПНП-С около 70 мг/дл при оптимизированной терапии статинов ингибирование пробелка PCSK9 обеспечивает интенсивную клиническую пользу только тогда, когда концентрация липопротеина (a) по крайней мере слегка повышена [24].

Результаты

Lp(a) связан с атеросклеротическими сердечно-сосудистыми заболеваниями (ASCVD) через различные механизмы, включая провоспалительные эффекты и протромботические эффекты и PCSK9-целевые агенты могут непосредственно снижать выработку секреции apo(a) в печени и усиливать клиренс Lp(a) через нерецепторные опосредованные пути. Повышенный уровень Lp(a) связан с повышенным риском сердечно-сосудистых осложнений, особенно у пациентов с сахарным диабетом типа 2 (T2DM), поэтому важно контролировать уровни триглицеридов, так как они могут влиять на уровни Lp(a), и гипертриглицеридемия может ингибировать образование Lp(a). Высокий уровень Lp(a) связан с повышенным риском атеросклероза и стеноза аорты у пациентов с диабетом типа 1 (T1DM). Измерение уровня Lp(a) важно для оценки клинического риска и выбора методов лечения и некоторые условия, такие как острое воспаление и заболевания печени и почек, могут влиять на уровни Lp(a) и требовать дополнительных измерений.

Обсуждение

Lp(a) связан с атеросклеротическими сердечно-сосудистыми заболеваниями (ASCVD) посредством различных механизмов, включая провоспалительные эффекты и протромботические эффекты, а агенты, нацеленные на PCSK9, могут напрямую снижать секрецию apo(a) в печени и увеличивать клиренс Lp(a). Повышенные уровни Lp(a) связаны с повышенным риском сердечно-сосудистых осложнений, особенно у пациентов с диабетом 2 типа (T2DM), поэтому важно контролировать уровни триглицеридов, поскольку они могут влиять на уровни Lp(a), а гипертриглицеридемия может ингибировать образование Lp(a).

Важность оценки уровней Lp(a) у пациентов с диабетом и потенциальное влияние контроля уровня триглицеридов на уровни Lp(a) должны быть дополнительно изучены, чтобы лучше понять основные механизмы и потенциальные терапевтические стратегии для снижения сердечно-сосудистого риска. Это говорит о том, что контроль уровня триглицеридов может быть потен-

циальным способом снижения сердечно-сосудистого риска у пациентов с диабетом, особенно в отношении уровней Lp(a). Необходимы дальнейшие исследования в этой области для определения наиболее эффективных стратегий снижения уровня Lp(a) и улучшения сердечно-сосудистых исходов у пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Abdullah FE, Ahmed SN. Serum lipoprotein(a), and plasminogen activator inhibitor-1 in uncomplicated type 2 diabetes mellitus: a case-control study. *Ann Med Surg (Lond)*. 2023 Jul 3;85(8):3801–3805. doi: 10.1097/MS9.0000000000000915. PMID: 37554894; PMCID: PMC10405991.
2. Afanasieva OI, Ezhov MV, Razova OA, Afanasieva MI, Utkina EA, Pokrovsky SN. Apolipoprotein(a) phenotype determines the correlations of lipoprotein(a) and proprotein convertase subtilisin/kexin type 9 levels in patients with potential familial hypercholesterolemia. *Atherosclerosis*. 2018 Oct;277:477–482. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2018.08.011. PMID: 30270088.
3. Arsenault BJ, Kamstrup PR. Lipoprotein(a) and cardiovascular and valvular diseases: A genetic epidemiological perspective. *Atherosclerosis*. 2022 May;349:7–16. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2022.04.015. PMID: 35606078.
4. Chemello K, Chan DC, Lambert G, Watts GF. Recent advances in demystifying the metabolism of lipoprotein(a). *Atherosclerosis*. 2022 May;349:82–91. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2022.04.002. PMID: 35606080.
5. Dastani M, Rahimi HR, Askari VR, Jaafari MR, Jarahi L, Yadollahi A, Rahimi VB. Three months of combination therapy with nano-curcumin reduces the inflammation and lipoprotein (a) in type 2 diabetic patients with mild to moderate coronary artery disease: Evidence of a randomized, double-blinded, placebo-controlled clinical trial. *Biofactors*. 2023 Jan;49(1):108–118. doi: 10.1002/biof.1874. Epub 2022 Jun 8. PMID: 35674733.
6. Gregory G, Schwartz, Michael Szarek, Vera A. Bittner, Deepak L. Bhatt, Rafael Diaz, Shaun G. Goodman, J. Wouter Jukema, Megan Loy, Garen Manvelian, Robert Pordy, Harvey D. White, Philippe Gabriel Steg, ODYSSEY OUTCOMES Committees and Investigators; Relation of Lipoprotein(a) Levels to Incident Type 2 Diabetes and Modification by Alirocumab Treatment. *Diabetes Care* 1 May 2021; 44 (5): 1219–1227.
7. Handelsman Y, Lepor NE. PCSK9 Inhibitors in Lipid Management of Patients With Diabetes Mellitus and High Cardiovascular Risk: A Review. *J Am Heart Assoc*. 2018 Jun 22;7(13):e008953. doi: 10.1161/JAHA.118.008953. PMID: 29934421; PMCID: PMC6064883.
8. Handhale A, Viljoen A, Wierzbicki AS. Elevated Lipoprotein(a): Background, Current Insights and Future Potential Therapies. *Vasc Health Risk Manag*. 2021 Sep 7;17:527–542. doi: 10.2147/VHRM.S266244. PMID: 34526771; PMCID: PMC8436116.
9. Jin JL, Cao YX, Zhang HW, Sun D, Hua Q, Li YF, Guo YL, Wu NQ, Zhu CG, Gao Y, Dong QT, Liu HH, Dong Q, Li JJ. Lipoprotein(a) and Cardiovascular Outcomes in Patients With Coronary Artery Disease and Prediabetes or Diabetes. *Diabetes Care*. 2019 Jul;42(7):1312–1318. doi: 10.2337/dc19-0274. Epub 2019 May 10. PMID: 31076417.
10. Julius U, Tselmin S, Schatz U, Fischer S, Bornstein SR. Lipoprotein(a) and proprotein convertase subtilisin/kexin type 9 inhibitors. *Clin Res Cardiol Suppl*. 2019 Apr;14(Suppl 1):45–50. doi: 10.1007/s11789-019-00099-z. PMID: 30838555.
11. Julius U, Tselmin S, Schatz U, Fischer S, Bornstein SR. Lipoprotein(a)-an interdisciplinary challenge. *Clin Res Cardiol Suppl*. 2019 Apr;14(Suppl 1):20–27. doi: 10.1007/s11789-019-00098-0. PMID: 30838556.
12. Kane John P., Clive R. Pullinger , Ira D. Goldfine , Mary J. Malloy. Dyslipidemia and diabetes mellitus: Role of lipoprotein species and interrelated pathways of lipid metabolism in diabetes mellitus. *Current Opinion in Pharmacology* Volume 61, December 2021, Pages 21–27. doi.org/10.1016/j.coph.2021.08.013
13. Karin Littmann, Tigist Wodaje, Michael Alvarsson, Matteo Bottai, Mats Eriksson, Paolo Parini, Jonas Brinck; The Association of Lipoprotein(a) Plasma Levels With Prevalence of Cardiovascular Disease and Metabolic Control Status in Patients With Type 1 Diabetes. *Diabetes Care* 1 August 2020; 43 (8): 1851–1858.
14. Kostner KM, Kostner GM. Lp(a) and the Risk for Cardiovascular Disease: Focus on the Lp(a) Paradox in Diabetes Mellitus. *Int J Mol Sci*. 2022 Mar 25;23(7):3584. doi: 10.3390/ijms23073584. PMID: 35408941; PMCID: PMC8998850.
15. Kronenberg F. Lipoprotein(a). *Handb Exp Pharmacol*. 2022;270:201–232. doi: 10.1007/164_2021_504. PMID: 34196811.
16. Lamina C, Ward NC. Lipoprotein (a) and diabetes mellitus. *Atherosclerosis*. 2022 May;349:63–71. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2022.04.016. PMID:35606077.
17. Moosaie F, Firouzabadi FD, Abouhamzeh K, Esteghamati S, Meysamie A, Rabizadeh S, Nakhjavani M, Esteghamati A. Lp(a) and Apo-lipoproteins as predictors for micro- and macrovascular complications of diabetes: A case-cohort study. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2020 Sep 24;30(10):1723–1731. doi: 10.1016/j.numecd.2020.05.011. Epub 2020 May 26. PMID: 32636121.
18. Mukaddas A, Rumi A, Yulianti T. Effect of metformin therapy on low density lipoprotein (ldl) levels in type 2 diabetes mellitus patients at Undata Hospital in Palu City Central Sulawesi. *J Farm Galen (Galenika J Pharmacy)(e-Journal)* 2022;8:22–30.
19. Paige, E., Masconi, K.L., Tsimikas, S. et al. Lipoprotein(a) and incident type-2 diabetes: results from the prospective Bruneck study and a meta-analysis of published literature. *Cardiovasc Diabetol* 16, 38 (2017). <https://doi.org/10.1186/s12933-017-0520-z>
20. Rhainds D, Brodeur MR, Tardif JC. Lipoprotein (a): When to Measure and How to Treat? *Curr Atheroscler Rep*. 2021 Jul 8;23(9):51. doi: 10.1007/s11883-021-00951-2. PMID: 34235598.
21. Romagnuolo R, Scipione CA, Marcovina SM, Gemin M, Seidah NG, Boffa MB, Koschinsky ML. Roles of the low density lipoprotein receptor and related receptors in inhibition of lipoprotein(a) internalization by proprotein convertase subtilisin/kexin type 9. *PLoS One*. 2017 Jul 27;12(7):e0180869. doi: 10.1371/journal.pone.0180869. PMID: 28750079; PMCID: PMC5531514.

22. Saeed A, Sun W, Agarwala A, Virani SS, Nambi V, Coresh J, Selvin E, Boerwinkle E, Jones PH, Ballantyne CM, Hoogeveen RC. Lipoprotein(a) levels and risk of cardiovascular disease events in individuals with diabetes mellitus or prediabetes: The Atherosclerosis Risk in Communities study. *Atherosclerosis*. 2019 Mar; 282: 52–56. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2018.12.022. Epub 2018 Dec 30. PMID: 30685442; PMCID: PMC6699162.
23. Salim S, Virani, Marlys L, Koschinsky, Lisa Maher, Anurag Mehta. Global think tank on the clinical considerations and management of lipoprotein(a): The top questions and answers regarding what clinicians need to know. *Progress in Cardiovascular Diseases Volume 73, July–August 2022, Pages 32–40* doi.org/10.1016/j.pcad.2022.01.002
24. Schwartz Gregory G. MD, PhD, Michael Szarek PhD, Vera A. Bittner MD, MSPH, Rafael Diaz MD, Shaun G. Goodman MD. Lipoprotein(a) and Benefit of PCSK9 Inhibition in Patients With Nominally Controlled LDL Cholesterol. *Journal of the American College of Cardiology Volume 78, Issue 5, 3 August 2021, Pages 421–433*. doi.org/10.1016/j.jacc.2021.04.102
25. Scipione CA, Koschinsky ML, Boffa MB. Lipoprotein(a) in clinical practice: New perspectives from basic and translational science. *Crit Rev Clin Lab Sci*. 2018 Jan;55(1):33–54. doi: 10.1080/10408363.2017.1415866. Epub 2017 Dec 20. PMID: 29262744.
26. Shen, Y., Chen, S., Dai, Y. et al. Lipoprotein (a) interactions with cholesterol-containing lipids on angiographic coronary collateralization in type 2 diabetic patients with chronic total occlusion. *Cardiovasc Diabetol* 18, 82 (2019). <https://doi.org/10.1186/s12933-019-0888-z>
27. Skoumas I, Andrikou I, Grigoriou K, Dima I, Lazarou E, Vlachopoulos C, Tsioufis K. Lipoprotein(a), metabolic profile and new-onset type 2 diabetes in patients with familial combined hyperlipidemia: A 9 year follow-up study. *J Clin Lipidol*. 2023 Jul-Aug;17(4):512–518. doi: 10.1016/j.jacl.2023.05.103. Epub 2023 Jun 3. PMID: 37321915.
28. Sotirios Tsimikas. In search of a physiological function of lipoprotein(a): causality of elevated Lp(a) levels and reduced incidence of type 2 diabetes. *Journal of lipid research Volume 59, Issue 5, 2018, Pages 741–744*. doi.org/10.1194/jlr.C085639
29. Ward NC, Vickneswaran S, Watts GF. Lipoprotein (a) and diabetes mellitus: causes and consequences. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes*. 2021 Apr 1;28(2):181–187. doi: 10.1097/MED.0000000000000597. PMID: 33229929.
30. Wann Jia Loh, Paul Nestel, Natalie C Ward, Gerald F Watts. New Horizons: Revival of Lipoprotein (a) as a Risk Factor for Cardiovascular Disease. *The journal of clinical endocrinology and metabolism, Volume 107, Issue 11, November 2022, Pages e4281–e4294*,doi.org/10.1210/clinem/dgac541
31. Wilson Don, Terry A. Jacobson MD, Peter H. Jones MD, Marlys L. Koschinsky PhD, Catherine J. McNeal MD, PhD, Børge G. Nordestgaard MD, DMSc, Carl E. Orringer MD. Use of Lipoprotein(a) in clinical practice: A biomarker whose time has come. A scientific statement from the National Lipid Association. *Journal of Clinical Lipidology. Volume 16, Issue 5, September–October 2022, Pages e77–e95*. doi.org/10.1016/j.jacl.2022.08.007

© Каллаева Карина Курбан Магомедовна (kallaevakarina@gmail.com); Котова Юлия Александровна (kld@vrngmu.ru);

Лущик Марина Валерьевна (m.lushhik@vrngmu.ru); Остроухова Оксана Николаевна (onostrouhova@vrngmu.ru);

Макеева Анна Витальевна (a.makeeva@vrngmu.ru); Дугушева Валерия Александровна (kld@vrngmu.ru); Тюркин Игорь Александрович (kld@vrngmu.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ РИСКА РАЗВИТИЯ ПЕРИИМПЛАНТИТА

ASSESSMENT OF RISK FACTORS
FOR THE DEVELOPMENT
OF PERI-IMPLANTITIS

**N. Kuznetsova
M. Ishmuratov
L. Osinskaya
A. Khusainova**

Summary. The article is devoted to the analysis and assessment of risk factors contributing to the development of periimplantitis, one of the most significant complications in dentistry associated with dental implants. Peri-implantitis is an inflammatory process that affects the tissues around the dental implant, which can lead to its loss. The importance of the study is due to the growing use of dental implants and the need to minimize the risks associated with them. The article presents a review of the literature and the results of the authors' own research aimed at identifying the main factors influencing the development of peri-implantitis. Special attention is paid to such aspects as the quality and condition of the implant, individual characteristics of patients (for example, oral hygiene, general health, smoking, concomitant diseases), as well as technical and clinical aspects of implantation. The authors present a systematic approach to risk assessment, offering recommendations for the prevention and early detection of peri-implantitis. This work not only expands the understanding of the mechanisms of peri-implantitis development, but also offers practical solutions for clinicians in the field of dental implantology. The article will be useful for both experienced dental implantologists and novice specialists seeking to improve the quality of treatment and reduce the incidence of complications when using dental implants.

Keywords: dental implantology, dental prosthetics, dental system, tooth integrity, compensation.

Кузнецова Надежда Сергеевна

Доцент, Башкирский государственный
медицинский университет
nadi12588@yandex.ru

Ишмуратов Марсель Ильдусович

Ординатор, Башкирский государственный
медицинский университет
maestro10238@yandex.ru

Осинская Лиана Альфредовна

Ординатор, Башкирский государственный
медицинский университет
osinskaya@bashgtmu.ru

Хусаенова Алсу Фаритовна

Доцент, Башкирский государственный
медицинский университет
alsunugumanova27@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена анализу и оценке факторов риска, способствующих развитию периимплантита, одного из наиболее значимых осложнений в стоматологии, связанного с денральными имплантатами. Периимплантит представляет собой воспалительный процесс, поражающий ткани вокруг денального имплантата, что может привести к его потере. Важность исследования обусловлена растущим использованием денальных имплантатов и необходимостью минимизации связанных с ними рисков. В статье представлен обзор литературы и результаты собственных исследований авторов, направленных на выявление основных факторов, влияющих на развитие периимплантита. Особое внимание уделено таким аспектам, как качество и состояние имплантата, индивидуальные характеристики пациентов (например, гигиена полости рта, общее здоровье, курение, сопутствующие заболевания), а также технические и клинические аспекты имплантации. Авторы представляют систематизированный подход к оценке рисков, предлагая рекомендации по профилактике и раннему выявлению периимплантита. Эта работа не только расширяет понимание механизмов развития периимплантита, но и предлагает практические решения для клиницистов в области денальной имплантологии. Статья будет полезна как для опытных стоматологов-имплантологов, так и для начинающих специалистов, стремящихся улучшить качество лечения и уменьшить частоту осложнений при использовании денальных имплантатов.

Ключевые слова: денальная имплантология, зубное протезирование, зубочелюстная система, целостность зуба, возмещение.

Актуальность

В современном мире стремительное развитие стоматологии привело к обширному применению имплантатов у пациентов с вторичной адентией. Согласно данным международных авторов, в зубном протезировании по всему миру нуждаются приблизительно от 45 до 65 % процентов населения, и в основном возраст нуждающихся колеблется от 35–45 лет, при этом у женщин потребность в зубном протезировании на 20 % больше [1, с. 73; 3, 322; 9].

Главной задачей денальной имплантологии, помимо восстановления утраченных зубов также является и возвращение целостности зубного ряда вместе с полноценным возмещением жевательной функции и эстетического вида каждого пациента. Данный вид операций повышает уровень жизни, восстанавливает утраченные эстетику и функцию зубочелюстной системы, обеспечивая не только анатомо-функциональную, но и эстетическую реабилитацию за счет последующего протезирования.

Однако, при всех преимуществах, у данного метода есть ряд осложнений, одним из которых является периимплантит — воспаление окружающих имплантат мягких тканей с признаками деструкции кости, которое является одним из наиболее частых осложнений имплантации, в том числе в раннем периоде — от 2 недель до 3 месяцев [4, с. 235; 5, с. 79; 6, с. 12].

Воспалительные осложнения после дентальной имплантации составляют до 40 % в структуре всех осложнений имплантации, притом, что проявления воспаления часто проходят бессимптомно для пациентов и выявляются при клинико-рентгенологическом обследовании [8,10]. Выведены следующие критерии оценки здоровья тканей вокруг импланта (EFP, 2023 г.):

1. Отсутствие клинических признаков воспаления;
2. Отсутствие кровоточивости или гноетечения при осторожном зондировании (допускается 1 кровоточащая точка при зондировании);
3. Отсутствие увеличения глубины зондирования по сравнению с предыдущими обследованиями;
4. Отсутствие потери кости, большей, чем в результате первоначального костного ремоделирования.

Из анализа практической работы, а также зарубежной литературы выяснились факторы, прямо или косвенно влияющие на развитие данного заболевания, которые были разделены в две основные группы:

1. Общие: курение, системная патология (сахарный диабет, заболевания сердечно-сосудистой системы, иммунодефицитные состояния), выделяемое некоторыми исследователями состояние после лучевой терапии.
2. Местные: неудовлетворительная гигиена полости рта, заболевания пародонта в анамнезе, ятрогенные состояния, дизайн и качество обработки трансгингивальной части имплантата.

По мнению Н.А. Панахова, существует бесспорная связь между формированием биопленки на поверхности импланта и иницированием воспалительного процесса вокруг остеоинтегрированных зубных имплантов. При этом наблюдается увеличение микробной обсемененности периимплантных зон в динамике после постановки имплантов [1, с. 72; 5, с. 80].

Поверхностный оксидный слой имплантата требует определенного физико-химического состояния для обеспечения биосовместимости импланта с окружающими его тканями. Периимплантная зона является благоприятным местом обитания анаэробов. Патологический процесс в виде пародонтита, который часто является причиной потери зубов, способствует возникновению или прогрессированию воспалительного процесса в тканях, окружающих имплант. При этом анаэробная инфекция

создает кислую среду вокруг импланта и является физико-химической угрозой для стабильности оксидного слоя имплантата, что может вызвать нарушение соединения имплантата с десной и костью и в дальнейшем потерю окружающих и поддерживающих имплант тканей.

В работах же И.С. Машенко и др., возникновение и развитие воспалительно-деструктивного процесса в периимплантной зоне в отсроченном периоде после дентальной имплантации связывают с воздействием специфической пародонтальной инфекции, состоящей обычно из комплекса 6–7 пародонтопатогенных бактерий, оказывающих свой повреждающий эффект в любой комбинации [2, с. 126; 4, с. 237; 7, с. 41].

Важное значение при патогенезе развития процесса имеет отсутствие у имплантата периодонтальной щели и связки. Зуб обладает отличным кровоснабжением и сильным местным иммунитетом, в связи с этим организм способен сопротивляться инфекции и пародонтит длится годами — от момента возникновения поддесневой инфекции и до момента полной потери окружающих зуб тканей может пройти 15–20 лет. У имплантата из-за отличия в строении и патогенезе, описанном выше, полная дезинтеграция может наступить в течение 3–5 лет от момента возникновения периимплантита.

Цель работы: определить наиболее значимые и распространённые причины возникновения периимплантита в ранние сроки после операции дентальной имплантации.

Материалы и методы: был проведен ретроспективный клинический анализ 30 клинических случаев операций имплантации на базе стоматологической клиники г. Магнитогорск, 15 мужчин (50 %) и 15 женщин (50 %) в возрасте от 24 до 35 лет. В исследование было включены пациенты, которые не требовали дополнительной пластики костной ткани.

Всем пациентам было проведено стоматологическое обследование согласно рекомендациям ВОЗ, ортопантомограмма после имплантации и RVG снимок при плановом осмотре.

Результаты

Периимплантит в период от 2 недель до 3 месяцев после операции имплантации наблюдался у 6 (20 %) из 30 пациентов (3 женщин и 3 мужчин). Исходя из случаев раннего периимплантита были изучены конкретные пациенты и выявлены следующие факторы:

- 50 % пациентов с периимплантитом были курильщиками. На клеточном уровне курение снижает активность лейкоцитов, вызывает снижение скорости хемотаксической миграции и низкую

фагоцитарную активность, что приводит к замедленному заживлению ран. Также табакокурение влияет на процесс остеоинтеграции, снижая скорость кровотока из-за повышенного периферического сопротивления и агрегации тромбоцитов. Токсичные вещества табачного дыма, такие как окись углерода и цианид, замедляют способность к заживлению ран и вместе с никотином подавляют скорость пролиферации клеток. Табак напрямую подавляет функцию остеобластов, нарушая остеоинтеграцию.

- 33 % исследуемых пациентов с периимплантитом имели неудовлетворительный индекс гигиены. В качестве индекса гигиены применялся упрощенный индекс гигиены ОНI-s (Грин, Вермиллиона, 1969 г.), где значения 2.0 ± 0.2 оценивались как неудовлетворительный уровень гигиены полости рта. Уровень гигиены можно считать одним из основных факторов инфицирования периимплантатных тканей микроорганизмами полости рта, которое происходит вследствие неудовлетворительной гигиены полости рта и образования зубной бляшки на поверхности супраструктуры имплантата, а также с специфическими и неспецифическими реакциями, возникающими под воздействием антигенных субстанций микробных ассоциаций зубной бляшки. Под действием зубной бляшки подразумевается микробная контаминация периимплантатных тканей.
- 17 % исследуемых пациентов с мериимплантитом имели в анамнезе сахарный диабет II типа. Сахар-

ный диабет влияет на работу паратиреоидного гормона, который помогает регулировать метаболизм фосфора и кальция и подавляет дифференцировку остеобластов. Он влияет на костный матрикс, его компоненты, а также на адгезию, рост и накопление внеклеточного матрикса. Однако ряд публикаций не дает категорического заключения относительно более высокой частоты развития периимплантита у больных сахарным диабетом, но высокий уровень глюкозы в крови может влиять на способность тканей к репарации.

Выводы

В результате исследования были выявлены три наиболее частые причины возникновения периимплантита в раннем послеоперационном периоде: табакокурение (50 %), неудовлетворительная гигиена полости рта (33 %) и наличие общей соматической патологии (17 %).

На основе проведенного анализа можно определить необходимость профилактического подхода к таким аспектам как гигиеническое состояние полости рта, санации полости рта на этапе подготовки к имплантации, тщательный сбор анамнеза о наличии сопутствующих заболеваний у пациента и обсуждение необходимости соблюдения рекомендаций в послеоперационном периоде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джалилова Г.И., Панахов Н.А. Патологические изменения в полости рта в результате вторичной адентии // Медицинские новости. 2020; 5(308):72–74.
2. Дубова Л.В., Малик М.В., Золкина Ю.С. Оценка уровня микробной адгезии к фрезеруемым материалам для временных несъемных ортопедических конструкций с опорой на дентальные имплантаты. Актуальные вопросы стоматологии. 2018;2:122–127
3. Каусова Г.К., Камиева Н.А., Алтынбеков К.Д. Современное состояние медицинской реабилитации лицам пожилого возраста в ортопедической стоматологии (обзор литературы) // Вестник КазНМУ. 2018; №2:321–323
4. Машенко И.С., Гударьян А.А., Ширинкин С.В., Чередник Д.А. Факторы развития и современные методы профилактики и лечения ранних и отсроченных воспалительных осложнений дентальной имплантации (обзор) // Евразийское Научное Объединение. 2019; 10-3(56):234–250.
5. Панахов, Н.А. Махмудов Т.Г., Ахмедов С.И. Клинико-иммунологические аспекты осложнений после дентальной имплантации // Эндодонтия Today. 2018; 2:78–80.
6. Хафизова Ф.А., Миргазизов Р.М., Хафизов И.Р., Миргазизов М.З., Хафизов Р.Г. Применение колориметрического метода оценки интерфейса «имплантат—абатмент» как профилактика периимплантитов. Российский вестник дентальной имплантологии. 2020;1–2:1–15
7. Яковлев М.В., Шулятникова О.А., Годовалов А.П., Рогожников Г.И., Батог К.А. Анализ выраженности микробной адгезии на поверхности титанового сплава для дентальных имплантов. Российский вестник дентальной имплантологии. 2020;3–4(49–50):39–42.
8. Chala M, Anagnostaki E, Mylona V, et al. Adjunctive Use of Lasers in Perimplant Mucositis and Peri-Implantitis Treatment: A Systematic Review. Dentistry Journal. 2020;8(3):68.
9. Luengo F, Solonko M., Sanz-Esporrín J., Sanz-Sánchez I., Herrera D., Sanz M. Clinical, Microbiological, and Biochemical Impact of the Surgical Treatment of Peri-Implantitis—A Prospective Case Series // Clin Med. — 2022;11(16):4699. doi: 10.3390/jcm11164699.
10. Swider K, Dominiak M, Grzech-Leśniak K, Matys J. Effect of Different Laser Wavelengths on Periodontopathogens in Peri-Implantitis: A Review of In Vivo Studies. Microorganisms. 2019;7(7):189.

© Кузнецова Надежда Сергеевна (nadi12588@yandex.ru); Ишмуратов Марсель Ильдусович (maestro10238@yandex.ru);
Осинская Лиана Альфредовна (osinskaya@bashgmu.ru); Хусаенова Алсу Фаритовна (alsunugumanova27@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ГЕМОКОАГУЛЯЦИОННЫЕ СДВИГИ У КОМОРБИДНЫХ ПАЦИЕНТОВ В РАЗЛИЧНЫЕ СРОКИ ПОСЛЕ ПЕРЕНЕСЕННОЙ КОВИД-19 ИНФЕКЦИИ

HEMOCOAGULATION SHIFTS IN COMORBID PATIENTS AT VARIOUS TIMES AFTER COVID-19 INFECTION

**M. Kutina
S. Parshina**

Summary. To date, hemocoagulation changes in comorbid patients at various times after covid-19 infection have not been sufficiently studied. A special position is occupied by patients who have cardiovascular diseases. In the Russian and foreign literature, there are isolated articles about the features of coagulation hemostasis disorders during the year after covid-19 infection. The work is devoted to the assessment of coagulation hemostasis in comorbid patients with cardiovascular pathology at various times after a coronavirus infection.

Keywords: hemostasis, thrombodynamics, postcovid period, comorbid patients, cardiovascular diseases.

Кутина Марина Александровна

Заведующая терапевтическим отделением
ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина»
города Саратов»;

Аспирант, ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ
им. В.И. Разумовского МЗ РФ
haham1984@mail.ru

Паршина Светлана Серафимовна

Доктор мед. наук, профессор,
ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им В.И. Разумовского МЗ РФ
1parshinasvetlana@mail.ru

Актуальность. До настоящего времени гемокоагуляционные изменения у коморбидных пациентов в различные сроки после перенесенной ковид-19 инфекции изучены недостаточно. Особое положение занимают больные, у которых имеются сердечно-сосудистые заболевания. В российской и зарубежной литературе встречаются единичные статьи об особенностях нарушений коагуляционного гемостаза в течение года после перенесенной ковид-19 инфекции. Работа посвящена оценке коагуляционного гемостаза у коморбидных пациентов с сердечно-сосудистой патологией в различные сроки после перенесенной коронавирусной инфекции.

Ключевые слова: гемостаз, тромбодинамика, постковидный период, коморбидные пациенты, сердечно-сосудистые заболевания.

Введение

Вспышка ковид-19 инфекция впервые возникла в Китае, в декабре 2019 года. Весной 2020 года в социальных сетях по всему миру начали создаваться группы людей, переболевших коронавирусной инфекцией в лёгкой или тяжёлой форме, которые столкнулись с долгосрочными симптомами. Подобные группы создавались в разных странах.

В декабре 2020 года Национальным институтом здравоохранения и передового опыта (NICE) Великобритании была предложена следующая классификация постковидных состояний:

- острый COVID-19 (симптомы, длящиеся до четырёх недель);
- продолжающийся симптоматический COVID-19 (симптомы, продолжающиеся от 4 до 12 недель);
- постковидный синдром (симптомы, длящиеся свыше 12 недель, не объяснимые альтернативным диагнозом, способные меняться со временем, исчезать и вновь возникать, затрагивая многие системы организма) [1].

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) 25 февраля 2021 г. признала существование постковидных проблем.

Московское городское научное общество терапевтов (МГНОТ) в ноябре 2021 г. выпустило рекомендации по ведению больных с коронавирусной инфекцией covid-19 в острой фазе и при постковидном синдроме в амбулаторных условиях. Данная версия рекомендаций Московского городского научного общества терапевтов (МГНОТ) является результатом переработки первой версии рекомендаций с существенными дополнениями и изменениями.

Классификация МГНОТ, выглядит следующим образом:

- бессимптомный процесс: инфекция выявляется по результатам анализов на ПЦР или ретроспективно по уровню Ig;
- острый процесс с различными симптомами заболевания продолжительностью от нескольких дней до месяца;
- затянувшийся процесс: симптомы собственного заболевания — свойственные инфекции

COVID-19 — сохраняются более месяца (long covid в международной литературе) или до 3 месяцев (по данным NICE — до 12 недель);

- постковидный синдром: возникновение новых симптомов болезни (свойственных инфекции COVID-19) или появление вновь уже бывших у пациента симптомов через несколько месяцев после выздоровления от острой инфекции (исчезновение симптомов, свойственных инфекции COVID-19); по определению NICE — признаки и симптомы, которые развиваются во время или после инфекции, соответствующей COVID-19, продолжаются более 12 недель и не объясняются альтернативным диагнозом;

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) и Европейское респираторное общество (ERS) в апреле 2022г поддержали предложенную классификация постковидных состояний Национального института здравоохранения и передового опыта Великобритании (NICE).

Механизм гиперкоагуляции при коронавирусной инфекции связан с выраженной эндотелиальной дисфункцией (эндотелий несет на себе рецепторы АПФ (ангиотензинпревращающий фермент) и является мишенью для вируса SARS-COV-2) [2].

Характерным морфологическим проявлением COVID-19 является системная ангиопатия с выраженным генерализованным поражением микроциркуляторного русла в виде повреждения эндотелия, с замедлением кровотока, агрегацией тромбоцитов и микротромбозом. Так, в легких, это ярко проявляется альвеолярно-геморрагическим синдромом, однако аналогичные нарушения микроциркуляции наблюдаются и в других органах (в сердце, головном мозге, почках, желудочно-кишечном тракте), что нередко впоследствии приводит к развитию постковидного синдрома [3].

Материалы и методы исследования

Проведено обследование пациентов с сердечно-сосудистой патологией (гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца, с сочетанием гипертонической болезни и ишемической болезни сердца) и перенесенной коронавирусной инфекцией (легкого, средне — тяжелого и тяжелого течения). Факт перенесенной болезни подтвержден либо выпиской из инфекционного стационара, либо положительным тестом полимеразной цепной реакции (ПЦР) к ковид-19 инфекции в анамнезе, либо наличием антител G к ковид-19 инфекции. Статистический анализ проведен с помощью статистики числовых данных.

Проанализированы особенности гемокоагуляционных отклонений у 129 пациентов с сердечно-сосудистой

патологией которые госпитализировались в терапевтическое отделение ЧУЗ КБ РЖД Медицина г. Саратов в различные сроки после перенесенной ковид-19 инфекции (группа 1). Также взята контрольная группа пациентов в количестве 57 человек с сердечно-сосудистой патологией не переносивших ковид-19 инфекцию (группа 2). Группы сопоставимы по основному диагнозу (гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца, с сочетанием гипертонической болезни и ишемической болезни сердца).

Пациенты 1 группы разделены на 6 подгрупп в зависимости от давности, перенесенной ковид-19 инфекции:

1а — менее месяца после перенесенной ковид-19 инфекции (22 человека),

1б — от 1 месяца до 3 месяцев после перенесенной ковид-19 инфекции (26 человек),

1в — от 3 до 6 месяцев после инфекции (29 человек),

1г — от 6 до 9 месяцев после инфекции ковид-19 (12 человек),

1д — от 9 до 12 месяцев (14 человек), 1е -более года после перенесенной инфекции SARS-COV-2 (26 человек).

Группы соизмеримы по возрасту и полу. В 1 группе при распределении по полу, выявлено, что 28 % составляют мужчины, 72 % — женщины. Средний возраст мужчин в группе 1 составляет 58,8±2,5, средний возраст женщин 65,7±3,9.

Во 2 группе количество мужчин составило 37 %, а женщин 63 %. Средний возраст мужчин во 2 группе составляет 64±2,6, средний возраст женщин 66,3±3,2.

Пациенты получали медикаментозную терапию согласно медицинским стандартам и клиническим рекомендациям для лечения гипертонической болезни и ишемической болезни сердца.

Пациенты 1а и 1б группы, ввиду малого срока постковидного периода, получили рекомендации лечащего врача на догоспитальном этапе по приему антиагрегантов и пероральных антикоагулянтов. 80 % данной группы пациентов использовали апиксабан в дозе 2,5 мг 2 раза в день внутрь.

Пациенты 1в, 1г, 1д, 1е групп не принимали пероральные антикоагулянты, большая часть (60 %) наблюдаемых пациентов на момент анализа коагуляционного гемостаза принимали ацетилсалициловую кислоту в дозе 75 мг внутрь.

Среди пациентов 2 группы большая часть (58 %) использовали с целью профилактики тромботических со-

бытий ацетилсалициловую кислоту в дозе 75 мг внутрь, остальная часть наблюдаемых (42 %) не использовала каких-либо препаратов для профилактики гиперкоагуляции.

Состояние коагуляционного гемостаза исследовано с помощью клоттинговых тестов в развернутой коагулограмме, включающей фибриноген, тромбиновое время (ТВ), активированное частичное тромбопластиновое время (АЧТВ), протромбиновое время (ПТВ), Д-димеры, растворимые фибрин-мономерные комплексы (РФМК) и глобального теста тромбодинамика.

Критерии исключения: Наличие злокачественных новообразований, пациенты с фибрилляцией предсердий.

Результаты и обсуждения

Были проанализированы хронометрические и структурные показатели в глобальном тесте тромбодинамика, также исследован коагуляционный гемостаз с помощью клоттинговых тестов в развернутой коагулограмме.

У пациентов 1 группы, было обнаружено, что, тромбодинамические характеристики находятся в зоне гиперкоагуляции по динамическому показателю «скорость» и физическому показателю «размер сгустка через 30 минут», которые чувствительны к состоянию внутреннего пути свертывания крови.

Проведена оценка значимости различий и сила связи между группами 1 и 2 с помощью точного критерия Фишера.

Отмечено, что **средняя скорость образования сгустка (V) повышалась:**

в 1а группе в 50 % случаев ($p > 0,05$)
в 1б группе в 42 % случаев ($p > 0,05$)
в 1в группе в 55 % случаев ($p < 0,05$)
в 1г группе в 33 % случаев ($p > 0,05$)
в 1д-группе в 57 % случаев ($p > 0,05$)
в 1е группе в 54 % случаев ($p < 0,05$)

При анализе физических характеристик тромбодинамики, отмечено, что увеличение размера сгустка (CS) фиксировалось:

в 1а в 41 % случаев ($p > 0,05$)
в 1б группе в 23 % ($p > 0,05$)
в 1в группе в 55 % ($p < 0,05$)
в 1г группе в 25 % ($p > 0,05$)
в 1д-группе в 36 % ($p > 0,05$)
в 1е группе в 31 % ($p > 0,05$)

По другим скоростным и физическим характеристикам тромбодинамики значимых различий среди подгрупп не выявлено.

При анализе показателей развернутой коагулограммы гиперкоагуляция, преимущественно, фиксировалась с помощью РФМК-теста, Д-димеров и тромбинового времени.

При анализе РФМК в подгруппах 1 группы, отмечено, что увеличение показателя фиксировалось в:

77 % случаев в 1а группы ($p > 0,05$)
в 69 % 1б группы ($p > 0,05$)
в 69 % 1в группы ($p > 0,05$)
в 33 % случаев 1г группы ($p < 0,05$)
в 64 % — 1д-группы ($p > 0,05$)
в 53 % 1е группы ($p < 0,05$)

При анализе распределения повышения Д-димеров в 1 группе, отмечено, что увеличение показателя фиксировалось в:

18 % случаев 1а группы ($p > 0,05$)
в 19 % случаев 1б группы ($p > 0,05$)
в 27 % 1в группы ($p > 0,05$)
в 33 % 1г группы ($p > 0,05$)
в 21 % 1д-группы ($p > 0,05$)
в 26 % 1е группы ($p > 0,05$)

При анализе динамики тромбинового времени в 1 группе, отмечено, что увеличение показателя фиксировалось в:

18 % случаев 1а группы ($p > 0,05$)
26 % 1б группы ($p > 0,05$)
24 % случаев 1в группы ($p > 0,05$)
41 % — 1г группы ($p > 0,05$)
14 % 1д-группы ($p > 0,05$)
30 % 1е группы ($p > 0,05$)

Другие показатели развернутой коагулограммы оставались в пределах референтных значений

Таким образом, прием оральных антикоагулянтов в указанной дозировке (апиксабан 2,5 мг 2р\день) в ранние сроки после перенесенной ковид-19 инфекции в большинстве случаев не позволяет полностью купировать гиперкоагуляцию.

Гиперкоагуляционные изменения проявляются также увеличением содержания РФМК в развернутой коагулограмме, по нашим наблюдениям до степени достоверности в 1е и 1г группах ($p < 0,05$). Также выявляется повышение уровня Д-димеров и увеличение тромбинового времени в разные сроки после перенесенной ковид-19 инфекции ($p > 0,05$).

В группе 2 при анализе скоростных и физических характеристик тромбодинамики средняя скорость образования сгустка (V) повышалась в 26 % случаев, увеличение размера сгустка (CS) фиксировалось в 26 % случаев. Помимо этого, обращает на себя внимание появления спонтанных сгустков (Tsp) в данной группе в 66 % случаев.

Проведена оценка достоверности полученных результатов появления спонтанных сгустков в сравнении с группой 1:

В 1а группе выявлено 31 % случаев появления спонтанных сгустков (**p < 0,05**)

- 1б — 34 % (**p < 0,05**)
- 1в — 27 % (**p < 0,05**)
- 1г — 25 % (**p < 0,05**)
- 1д — 35 % (p > 0,05)
- 1е — 5 % (p > 0,05)

Таким образом, у пациентов 2 группы с сердечно-сосудистыми заболеваниями (гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца, с сочетанием гипертонической болезни и ишемической болезни сердца) не переносивших ковид-19 инфекцию, отмечено появление спонтанных сгустков в 66 % случаев (58 % наблюдаемых пациентов на момент анализа гемостаза использовали с целью профилактики тромботических событий ацетилсалициловую кислоту в дозе 75 мг внутрь, 42 % не использовала каких-либо препаратов для профилактики гиперкоагуляционных отклонений). При оценке достоверности результатов по группам 1а, 1б, 1в, 1г полученные показатели достоверны.

Были проанализированы уровень СРБ и СОЭ у 1 и 2 группы пациентов для уточнения влияния воспалительного процесса на выявленную гиперкоагуляции по результатам локальных и глобального тестов.

Повышение СРБ фиксировалось:

- в 18 % случаев в 1а группе (p > 0,05)
- в 11 % — 1б группы (p > 0,05)
- 20 % 1в группы (p > 0,05)
- 16 % 1г группы (p > 0,05)
- 0 % — 1д-группе (p > 0,05)
- 7 % — в 1е группе (p > 0,05)

Повышение СОЭ фиксировалось:

- в 12 % случаев в 1а группе (p > 0,05)
- в 12 % — 1б группы (p > 0,05)
- 18 % 1в группы (p > 0,05)
- 5 % 1г группы (p > 0,05)
- 5 % — 1д-группе (p > 0,05)
- 15 % — в 1е группе (p > 0,05)

Заключение

При анализе коагуляционного гемостаза у коморбидных пациентов в различные сроки после перенесенной ковид-19 инфекции гиперкоагуляционные сдвиги позволяет оценить тест тромбодинамика, преимущественно за счет динамического показателя «скорость» и физического показателя «размер сгустка через 30 минут».

При анализе коагуляционных сдвигов в группе пациентов, не переносивших ковид-19 инфекцию, отмечено, что наиболее чувствительно гиперкоагуляцию фиксирует показатель тромбодинамики «время появления спонтанных сгустков».

При анализе показателей стандартной коагулограммы скрининговым методом, позволяющим заподозрить гиперкоагуляционные изменения тромбодинамических характеристик крови у коморбидных пациентов в различные сроки после перенесенной ковид-19 инфекции, является РФМК. Данный феномен требует дальнейшего изучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Википедия, Ru.Wikipedia.Org
2. Abd El-Aziz TM, Stockand JD. Recent Progress And Challenges In Drug Development Against COVID-19 Coronavirus (SARS-Cov-2) — An Update On The Status. Infect Genet Evol. 2020; 83: 104327. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2020.104327>
3. Зайратьянц О.В., Самсонова М.В., Михалева Л.М., Черняев А.Л., Мишнев О.Д., Крупнов Н.М., Калинин Д.В. Патологическая анатомия COVID-19: Атлас. Под общей Ред. Зайратьянца О.В. М.: ГБУ «Ниоизмм ДЗМ»; 2020
4. Nat Med. 2021 Apr; 27(4):626–631. Doi: 10.1038/S41591-021-01292-Y. Epub 2021 Mar 10. Attributes And Predictors Of Long COVID.
5. Рекомендации по ведению больных с коронавирусной инфекцией COVID-19 в острой фазе и при постковидном синдроме в амбулаторных условиях. Под Ред. Проф. Воробьева П.А. Проблемы стандартизации в здравоохранении. 2021; 7–8: 3–96. <https://doi.org/10.26347/1607-2502202107-08003-096>
6. Верткин А.Л., Авдеев С.Н., Ройтман Е.В., Сучков И.А., Кузнецова И.В., Замятин М.Н., Стойко Ю.М., Журавлева М.В., Зайратьянц О.В. Вопросы лечения COVID-19 с позиции коррекции эндотелиопатии и профилактики тромботических осложнений. Согласованная позиция экспертов. Профилактическая медицина. 2021; 24(4):45–51.

© Кутина Марина Александровна (haham1984@mail.ru); Паршина Светлана Серафимовна (1parshinasvetlana@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ХРОНИЧЕСКАЯ ОБСТРУКТИВНАЯ БОЛЕЗНЬ ЛЕГКИХ И ТУБЕРКУЛЕЗ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ: ПРОБЛЕМА КОМОРБИДНОСТИ

CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE AND RESPIRATORY TUBERCULOSIS: THE PROBLEM OF COMORBIDITY

**V. Lavrenyuk
M. Luneva
V. Shishkova
O. Churina
L. Pavlova**

Summary. The purpose of the study: to analyze the problem of comorbidity of chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and tuberculosis (TB) of the lungs, which are common socially significant diseases with a high level of disability and mortality. At the same time, both diseases have the same type of risk factors: smoking, occupational, environmental hazards. According to the results of numerous studies presented in Russian and foreign scientific publications, despite the overall decrease in the incidence of TB, the number of cases of multidrug resistance of Mycobacterium TB (MDR TB) is increasing, which reduces the effectiveness of TB treatment and contributes to an increase in the mortality of this disease. Accordingly, the prevalence of comorbid pathology of COPD is also being updated. At the same time, in the case of a combination of COPD and pulmonary TB, a syndrome of mutual aggravation is observed: TB is characterized by more pronounced clinical symptoms, decay cavities with massive bacterial excretion are more often formed, chronic respiratory and heart failure develop more often, an unfavorable outcome of TB and a more severe course of COPD are noted. Taking into account the peculiarities of the comorbid course of these nosologies will clarify the nature of their mutual influence, assess the prognosis, and improve control over the effectiveness of treatment and preventive measures.

Keywords: COPD, tuberculosis, obstructive syndrome, diagnosis, therapy.

Лавренко Владимир Валерьевич

Ассистент, ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный
Медицинский Университет»;

Заведующий инфекционным отделением,
врач-инфекционист ГБУЗ «Краевая клиническая
больница №2»;

Врач-пульмонолог, ЧУЗ «Клиническая больница
«РЖД-Медицина», г. Владивосток
lavrenyuk_90@bk.ru

Лунева Марина Анатольевна

Заведующий 8-м легочно-терапевтическим
отделением, врач-фтизиатр,

ГБУЗ «Приморский краевой противотуберкулезный
диспансер», г. Владивосток
rjankova75@mail.ru

Шишкова Валерия Вадимовна

Врач-фтизиатр, пульмонолог,
ГБУЗ «Приморский краевой противотуберкулезный
диспансер», г. Владивосток
Dayana___11@mail.ru

Чурина Оксана Сергеевна

Врач-фтизиатр участковый,
КГБУЗ «Надеждинская центральная районная больница»,
с. Вольно-Надеждинское
Oksanachurina1988@mail.ru

Павлова Лилия Владимировна

Заведующий 10-м с сочетанной патологией
туберкулез легких и ВИЧ-инфекция отделением, врач-
инфекционист, фтизиатр ГБУЗ «Приморский краевой
противотуберкулезный диспансер», г. Владивосток
99lily55@mail.ru

Аннотация. Цель исследования: анализ проблемы коморбидности хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) и туберкулеза (ТБ) легких, являющихся распространенными социально значимыми заболеваниями с высоким уровнем инвалидизации и смертности. При этом оба заболевания имеют однотипные факторы риска: курение, профессиональные, экологические вредности.

Согласно результатам многочисленных исследований, представленных в российских и зарубежных научных публикациях, несмотря на общее снижение заболеваемости ТБ, увеличивается число случаев множественной лекарственной устойчивости микобактерий ТБ (МЛУ ТБ), что снижает эффективность лечения ТБ и способствует увеличению летальности данного заболевания. Соответственно актуализируется и распространенность коморбидной патологии ХОБЛ. При этом в случае сочетания ХОБЛ и ТБ легких наблюдается синдром взаимного отягощения: ТБ характеризуется более выраженной клинической симптоматикой, чаще формируются полости распада с массивным бактериовыделением, чаще развивается хроническая дыхательная, сердечная недостаточность, отмечается неблагоприятный исход ТБ и более тяжелое течение ХОБЛ. Учет особенностей коморбидного течения этих нозологий позволит уточнить характер их взаимовлияния, оценить прогноз, улучшить контроль за эффективностью лечения и проведением профилактических мероприятий.

Ключевые слова: ХОБЛ, туберкулез, обструктивный синдром, диагностика, терапия.

С каждым годом актуализируются проблемы коморбидности в различных разделах медицины, поскольку многие заболевания утрачивают свой мононозологический характер, взаимно влияя друг на друга [3]. Не снижается интерес исследователей к достаточно распространенным заболеваниям органов дыхания — туберкулезу легких (ТБ) и хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ), что в значительной мере связано с высоким уровнем заболеваемости, инвалидности и смертности при данных нозологиях [18, 20, 22]. В ряде исследований показано увеличение числа больных ТБ, у которых специфический процесс сочетается с различными заболеваниями легких, в частности с ХОБЛ [16, 34, 35]. Значение неспецифических заболеваний легких в развитии ТБ известно давно, но в настоящее время этот актуальность этого фактора риска возрастает в связи с большей распространенностью ХОБЛ. Сочетание этих заболеваний чаще приводит к инвалидности и летальному исходу [27].

ВОЗ называет ТБ легких одной из основных глобальных проблем здравоохранения. Это инфекционное заболевание, передающееся воздушно-капельным путем, представляет угрозу для общественного здравоохранения, особенно в странах со средним и низким уровнем дохода [41]. По состоянию на 2021 г., согласно данным ВОЗ, от ТБ в мире умерло 1,6 млн человек, при этом по смертности данное заболевание находится на 13 месте среди ведущих причин смерти и на 2 месте по значимости (после COVID-19) причиной смерти, обусловленной возбудителем инфекции. ВОЗ отмечает, что заболевание ТБ распространено во всех странах, во всех возрастных группах, как среди мужчин, так и среди женщин [25]. Согласно данным Федеральной службы государственной статистики, на территории Российской Федерации в 2021 г. с установленным диагнозом «туберкулез» зарегистрировано 45,9 тыс. мужчин и 18,4 тыс. женщин. С диагнозом «активный туберкулез», установленным впервые в жизни, в 2021 г. в РФ было выявлено 45,4 тыс. человек [11].

Комплекс мероприятий по борьбе с ТБ, проводимых на территории РФ и в мире, в целом дает положительные результаты по снижению заболеваемости. В то же время, показатели снижения распространенности ТБ в настоящее время представляются недостаточными для того, чтобы достигнуть целевых показателей Стратегии ВОЗ по ликвидации ТБ (ежегодное снижение уровня заболеваемости ТБ на 10 %) посредством не только значительного снижения смертности и заболеваемости (на 95 % к 2035 г. по сравнению с показателями 2015 г.), но и устранить экономическое и социальное бремя, связанное с этой болезнью [21, 23].

Важное значение в актуальности проблемы ТБ имеет неуклонное снижение эффективности противоту-

беркулезных препаратов во всем мире из-за развития множественной лекарственной устойчивости микобактерий ТБ (МЛУ ТБ) к ним [25]. МЛУ ТБ не только затрудняет лечение больных с резистентными штаммами ТБ, но и ставит под угрозу возможность ликвидации данного заболевания в мире, являющейся целью совместной деятельности мирового сообщества, обозначенной в Стратегии по ликвидации ТБ в мире ВОЗ. Более того, наряду со снижением показателей заболеваемости ТБ в последние годы, вследствие мутаций штаммов МЛУ ТБ, отмечается увеличение доли устойчивых форм ТБ среди впервые выявленных заболевших [8, 9]. Очевидным и доказанным причинами МЛУ ТБ к химиопрепаратам являются: недостаточная комплаентность пациентов; несоблюдение протоколов и схем химиотерапии; а также коморбидность, которая затрудняет оптимальное дозирование химиопрепаратов (синдром мальабсорбции, сердечно-сосудистые заболевания, онкопатология, фиброзно-склеротические процессы в легких, ХОБЛ и другие) [24]. Рост числа случаев МЛУ ТБ вызывает обеспокоенность по поводу этого заболевания, вследствие более низких показателей излечения и более высоких уровней смертности [36]. Поздняя диагностика заболевания ТБ и, соответственно, отсутствие своевременного и надлежащего назначения эффективных лекарственных средств, а также длительная продолжительность лечения и несоблюдение режима фармакотерапии, наряду с эволюцией устойчивых к лекарственным препаратам штаммов микобактерий ТБ усугубляют неэффективность противотуберкулезной терапии [41].

В условиях распространения МЛУ ТБ особую актуальность приобретает вопрос коморбидности ТБ с таким заболеванием, как ХОБЛ, вследствие значительного бремени заболеваемости и смертности данной коморбидной патологии [44]. Отмечается, что ХОБЛ может развиваться как во время течения ТБ, так и после завершения его лечения [39].

В настоящее время ХОБЛ является 4-й лидирующей причиной смерти в мире. По оценкам экспертов, уже к 2030 году ХОБЛ выйдет на 3-е место среди причин смертности, уступив только инсульту и ишемии сердца [12, 13]. Согласно данным Global Burden of Disease Study 2019, по состоянию на 2019 г. в мире зарегистрировано 212,3 млн человек, страдающих ХОБЛ, а умерло 3,3 млн человек [16].

ХОБЛ является прогрессирующим заболеванием и сопровождается периодическими обострениями, которые неблагоприятно влияют на качество жизни пациента, ухудшают функцию легких, ускоряют темп снижения функции легких, ассоциируются со значительной летальностью [1, 33, 40]. Согласно результатам исследований последних лет, у больных ТБ отмечается повышенный риск развития ХОБЛ. И наоборот, пациенты с ХОБЛ под-

вержены высокому риску активного ТБ [43]. Анализ распространенности впервые выявленного ТБ у пациентов, страдающих ХОБЛ, показал, что вероятность заболеть ТБ у больных ХОБЛ в 14,4 раза выше, чем без ХОБЛ [5].

Выделяют несколько клинических вариантов сочетания ХОБЛ и ТБ легких: ТБ развивается у пациентов с ХОБЛ; одновременное развитие обоих заболеваний. Исследователи подчеркивают сложность взаимоотношений этих распространенных заболеваний; более логично представить, что ХОБЛ как длительный и постепенно развивающийся процесс чаще предшествует развитию ТБ легких. При этом в случае сочетания ХОБЛ и ТБ наблюдается синдром взаимного отягощения: на фоне ХОБЛ туберкулез характеризуется более выраженной клинической симптоматикой с более частым формированием полостей распада, что, в свою очередь утяжеляет течение ХОБЛ [38]. Отмечается, что исход лечения ТБ у коморбидных пациентов во многом зависит не только от адекватной химиотерапии, но также и от состояния их бронхолегочной системы как определяющей основные функции жизнедеятельности и возможности по предупреждению инвалидности и смертности [4].

При ХОБЛ, как и при ТБ, в первую очередь поражаются легкие человека. При этом как ХОБЛ, так и ТБ имеют общие факторы риска, такие как курение, низкий социально-экономический статус и нарушение регуляции защитных сил организма. Наличие курения и ХОБЛ predispose к развитию туберкулеза [6, 7, 35].

Среди общих факторов риска возникновения ХОБЛ и ТБ лидирующее место занимает курение [19, 37]. Табачный дым изменяет биологические свойства *M. tuberculosis*, повышая их жизнеспособность, и способствует формированию лекарственной устойчивости путем изменения биологических свойств микобактерий. Множественная лекарственная устойчивость у курильщиков, больных ТБ, при прочих равных условиях встречается чаще, чем у некурящих больных ТБ. ТБ легких у курильщиков отличается более тяжелым и распространенным характером, более частыми деструкциями легких, осложнениями, массивным бактериовыделением и более низкой эффективностью лечения [2, 12, 28, 30]. Очевидно, что дисрегуляция фагоцитоза, развивающегося, в том числе, и под влиянием табачного дыма, может у пациентов с ХОБЛ способствовать увеличению восприимчивости нижних дыхательных путей к бактериальным инфекциям, в частности *M. tuberculosis*.

В процессе формирования ХОБЛ респираторная инфекция не является основной причиной возникновения заболевания [27, 28, 30]. Первоначально под воздействием аэроирритантов происходят последовательные и тесно взаимосвязанные структурные изменения воздухоносных путей, легочной ткани, микроциркулятор-

ного русла, нарушаются реологические свойства бронхиального секрета [29, 30, 32]. Происходит перестройка эпителия и гиперплазия слизеобразующих элементов дыхательных путей, что приводит к нарушению мукоцилиарного клиренса, снижается естественная неспецифическая резистентность и создаются благоприятные условия для адгезии и колонизации бактериальных возбудителей [38, 42]. Согласно проспективным когортным исследованиям, более высокий риск развития активного ТБ у пациентов с ХОБЛ, по-видимому, частично опосредован применением ингаляционных кортикостероидов в терапии ТБ [43].

Критериями диагностики ХОБЛ у больных ТБ легких являются: наличие факторов риска, в частности курения [индекс пачка/лет >10]; возраст более 40 лет; клинические симптомы (кашель с отделением мокроты, одышка, хрипы), возникшие до выявления ТБ; постбронхолитическая проба Тиффно менее 0,7. Поскольку клиническая симптоматика и обструктивные нарушения вентиляции могут быть при ТБ и без ХОБЛ, необходимо выделять следующие критерии для диагностики: ХОБЛ, доказанная до выявления туберкулеза; наличие симптомов ХОБЛ и снижение функции внешнего дыхания по обструктивному типу при исключении других причин бронхообструктивного синдрома [14, 31].

Пациенты с сочетанным течением туберкулеза органов дыхания и ХОБЛ требуют особых подходов к ведению с учетом необходимости лечения, как основного, так и сопутствующего заболеваний [15, 42]. Так, согласно исследованиям А.А. Хренова и соавт. (2020), даже в случае успешного завершения курса лечения ТБ у пациентов в случае наличия ХОБЛ формируется специфический иммунный дисбаланс в виде характерного системного цитокинового потенциала, создающий наличие благоприятного эндогенного фона для рецидива ТБ [26].

В настоящее время исследуются возможности лечения коморбидных пациентов и эффективность комбинированной терапии ХОБЛ и ТБЛ. М.В. Моисеева и соавт. отмечают возможность улучшения общего состояния пациента, как клинического, так и субъективного, при проведении комплексной терапии ТБ и ХОБЛ, что способствует увеличению приверженности пациентов к приему назначенных лекарственных препаратов и, тем самым, увеличивает эффективность фармакотерапии и вероятность выздоровления [17]. Кроме того, анализируются возможности оптимизации раннего выявления ХОБЛ у пациентов с ТБ, что позволит начать лечение в более ранние сроки данных коморбидных патологий, с более благоприятными прогнозами [10].

Таким образом, анализ данных литературы показал высокую значимость проблемы коморбидности ХОБЛ и ТЛ. Основной причиной систематизации воспали-

ния у данной категории больных является барьерная несостоятельность очага воспаления, появляющаяся в результате многолетнего триггерного воздействия на бронхи и легкие экзогенных повреждающих агентов и, в частности, табачного дыма. Кроме того, правомочно предположение, что на развитие коморбидности и отягощение прогноза больных ХОБЛ влияют последствия и остаточные явления пережитых оперативных вмешательств, лучевых и химиотерапевтических процедур, а также перенесенных инфекционных заболеваний и травм. В Глобальной стратегии по диагностике и лече-

нию ХОБЛ особое положение занимают коморбидные состояния. Проблема коморбидности ХОБЛ и ТЛ является не только актуальной, но и достаточно сложной. Учет особенностей коморбидного течения этих нозологий позволит уточнить характер их взаимовлияния, оценить прогноз, улучшить контроль за эффективностью лечения и проведением профилактических мероприятий.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов по материалам статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеев С.Н. Комбинированная терапия ипратропиумом и β_2 -агонистами при обострении хронической обструктивной болезни легких / С.Н. Авдеев // Пульмонология. — 2008. — № 5. — С. 101–106.
2. Авдеев С.Н. Профилактика обострений хронической обструктивной болезни легких / С.Н. Авдеев // Пульмонология. — 2016. — № 5. — С. 101–108.
3. Авдеев С.Н. Хроническая обструктивная болезнь лёгких: обострения / С.Н. Авдеев // Пульмонология. — 2013. — № 3. — С. 5–20.
4. Багишева Н.В., Мордык А.В., Гольяпин В.В., Моисеева М.В., Батищева Т.Л., Ситникова С.В., Ширинская Н.В. Варианты прогноза эффективности терапии туберкулеза: в фокусе пациенты с хронической обструктивной болезнью легких // Медицинский альянс. — 2023. — Т. 11, № 1. — С. 19–25. doi: 10.36422/23076348-2023-11-1-19-25
5. Багишева Н.В., Неганова Ю.А., Неганова Н.А., Мордык А.В., Иванова О.Г., Батищева Т.Л., Безукладова А.С. Хроническая обструктивная болезнь легких и туберкулез как взаимоотягощающие заболевания // Туберкулез и болезни легких. — 2015. — № 6. — С. 21–22.
6. Багишева Н.В. Туберкулез и ХОБЛ: проблемы коморбидности / Н.В. Багишева, А.В. Мордык, Т.Л. Батищева // Медицинский вестник Северного Кавказа. — 2014. — Т. 9, № 4 (36). — С. 329–331.
7. Баранчукова А.А. Туберкулёз легких и хронические заболевания органов дыхания нетуберкулёзной этиологии // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. — №2 (78). — С. 241–243.
8. Васильева И.А., Белиловский Е.М., Борисов С.Е., Стерликов С.А. Туберкулез с множественной лекарственной устойчивостью возбудителя в странах мира и в Российской Федерации // Туберкулёз и болезни лёгких. — 2017. — Т. 95, № 11. — С. 5–17.
9. Даниленко В.Н., Зайчикова М.В., Дьяков И.Н., Шур К.В., Маслов Д.А. Mycobacterium tuberculosis: проблемы лекарственной устойчивости, вирулентности и подходы к их решению // Вестник Российского государственного медицинского университета. — 2018. — № 3. — С. 5–12.
10. Жукова Е.М., Баранчукова А.А. Оптимизация выявления хронической обструктивной болезни легких у пациентов с туберкулезом легких // Туберкулез и болезни легких. — 2015. — № 6. — С. 62–63.
11. Заболеваемость населения по основным классам болезней. Здравоохранение. Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13721>
12. Кирюхина Л.Д. Вентиляционная и газообменная функции легких у больных с локальными формами туберкулеза легких / Л.Д. Кирюхина // Пульмонология. — 2013. — № 6. — С. 65–68.
13. Корецкая Н.М. Туберкулез и табакокурение: риск развития специфического процесса и его особенности у курящих больных / Н.М. Корецкая, А.Н. Наркевич, А.А. Наркевич // Пульмонология. — 2017. — № 1. — С. 51–55.
14. Кочетова Е.В. Оценка коморбидности у больных хронической обструктивной болезнью легких // Туберкулез и болезни легких. 2017. — № 95(4). — С. 11–14. <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2017-95-4-11-14>
15. Кравец С.Л. Бронхообструктивный синдром и ХОБЛ у впервые выявленных больных туберкулезом легких / С.Л. Кравец, А.Л. Ханин // Медицина XXI века: сб. VII науч.-практ. конф. молодых ученых. — Новокузнецк, 2017. — С. 62–65.
16. Мировая распространенность ХОБЛ. Данные Global Burden of Disease Study / Интернет. Общественная система усовершенствования врачей. — 2022. <https://internist.ru/publications/detail/mirovaya-rasprostranennost-khobl-dannye-global-burden-of-disease-study/>
17. Моисеева М.В., Мордык А.В., Багишева Н.В., Викторова И.А., Руденко С.А., Ситникова С. Коморбидный пациент фтизиатра, пульмонолога и кардиолога: в фокусе качество жизни // Туберкулез и болезни легких. — 2022. — № 100(6). — С. 32–37. <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2022-100-6-32-37>
18. Мотанова Л.Н. Оценка ситуации по туберкулезу в Приморском крае за последние 14 лет (2003–2016) / Л.Н. Мотанова // Pacific Medical Journal. — 2017. — № 4. — С. 74–76.
19. Никитин В.А., Черенкова О.В., Васильева Л.В. Табакокурение и болезни легких: эффективность подходов к лечению // Туберкулез и болезни легких. — 2016. — № 94(12). — С. 7–12. <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2016-94-12-7-12>
20. Распространенность респираторных симптомов и возможности выявления хронической обструктивной болезни легких в шахтерском городе Кузбасса / А.Л. Ханин, Т.И. Чернушенко, Г.В. Морозова [и др.] // Пульмонология. — 2012. — № 3. — С. 59–62.
21. Реализация стратегии ликвидации туберкулеза: основные положения [Implementing the end TB strategy: the essentials]. Женева: Всемирная организация здравоохранения; 2018. — 130 с. Лицензия: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
22. Степанян Э.С. Нарушение бронхиальной проходимости у больных туберкулезом легких / Э.С. Степанян // Туберкулёз и болезни легких. — 2013. — № 4. — С. 6–11.

23. Сюнякова Д.А. Особенности эпидемиологии туберкулеза в мире и в России в период 2015–2020 гг. Аналитический обзор // Социальные аспекты здоровья населения. — 2021. — № 67(3). — С. 11. DOI: 10.21045/2071-5021-2021-67-3-1
24. Тошева Д.Р. Особенности лекарственной устойчивости возбудителя в современных условиях // *Amaliy Va Tibbiyot Fanlari Ilmiy Jurnal*. — 2023. — № 2(2). — С. 52–58.
25. Туберкулез. Основные факты. 21.04.2023 / Всемирная организация здравоохранения: официальный сайт. <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/tuberculosis>
26. Хренов В.В., Федосеева В.М., Гришин М.М. Системный цитокиновый потенциал у больных с хронической обструктивной болезнью легких, завершивших лечение туберкулеза легких // Туберкулез и болезни легких. — 2020. — Т. 98, № 1. — С. 22–26. <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2020-98-1-22-26>
27. Шмелев Е.И. Совершенствование лечения бронхиальной обструкции у больных туберкулезом легких / Е.И. Шмелев // Пульмонология. — 2001. — № 1. — С. 23–27.
28. Шпагина Л.А. Клинико-функциональные и молекулярно-генетические особенности хронической обструктивной болезни легких в условиях высокого профессионального риска / Л.А. Шпагина, М.И. Воевода, С.В. Бобров [и др.] // Пульмонология. — 2012. — № 4. — С. 78–84.
29. Шпрыков А.С. Клинические особенности туберкулеза легких у курящих больных / А.С. Шпрыков // Туберкулез и болезни легких. — 2011. — № 9. — С. 24–28.
30. Шульгина, М.В. Качество выявления МБТ и определения их лекарственной чувствительности в Российской Федерации / М.В. Шульгина, Е.В. Заикин, Е.М. Белиловский, В.Н. Малахов, А. Дису // Туберкулез в Российской Федерации. 2010 г.: анализ. обзор статист. показателей, используемых в Российской Федерации. — М., 2011. — С. 191–209.
31. Юсупалиева М.М., Гришин М.Н., Чудинова Д.С., Благовестная Е.И. Новые возможности диагностики функции внешнего дыхания у больных туберкулезом и ХОБЛ // *Modern science*. — 2022. — № 5–4. — С. 158–161.
32. Artyukhov I.P. Mortality and economic burden of Krasnoyarsk region, Russia, caused by regular tobacco usage / I. P. Artyukhov // *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. — 2016. — No. 11. — P. 351–355.
33. Divo M.J., Marin J.M., Casanova C., Cabrera Lopez C., Pinto-Plata V. M., Marin-Oto M., Polverino F., de-Torres J.P., Billheimer D., Celli B. R.; BODE Collaborative Group. Comorbidities and mortality risk in adults younger than 50 years of age with chronic obstructive pulmonary disease // *Respir Res*. — 2022. — Vol. 23(1). — P. 267. doi: 10.1186/s12931-022-02191-7.
34. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Diseases (GOLD-2017). Global strategy for diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease. — NHLBI/WNO workshop report. — Updated 2017. — GOLD website (www.goldcopd.com).
35. Inghammar M., Ekbom A., Engström G., Ljungberg B., Romanus V., Löfdahl C. G., Egesten A. COPD and the risk of tuberculosis — a population-based cohort study // *PLoS One*. — 2010. — Vol. 5(4). — e10138. doi: 10.1371/journal.pone.0010138.
36. Lohrasbi V., Talebi M., Bialvaei A. Z., Fattorini L., Drancourt M., Heidary M., Darban-Sarokhalil D. Trends in the discovery of new drugs for Mycobacterium tuberculosis therapy with a glance at resistance // *Tuberculosis (Edinb)*. — 2018. — Vol. 109. — P. 17–27. doi: 10.1016/j.tube.2017.12.002.
37. Minisi T. Factors associated with pulmonary tuberculosis outcomes among inmates in Potchefstroom Prison. / T. Minisi, J. Tumo, I. Govender // *South Afr. J. Epidemiol. Infect.* — 2013. — Vol. 28, N 2. — P. 96–101.
38. Pérez-Padilla R. Would widespread availability of spirometry solve the problem of underdiagnosis of COPD / R. Pérez-Padilla // *Int. J. Tuberc. Lung Dis*. — 2016. — № 20 (1). — P. 22–27.
39. Sarkar M., Srinivasa, Madabhavi I., Kumar K. Tuberculosis associated chronic obstructive pulmonary disease // *Clin Respir J*. — 2017. — Vol. 11(3). — P. 285–295. doi: 10.1111/crj.12621.
40. Seo H., Sim Y.S., Min K. H., Lee J.H., Kim B.K., Oh Y.M., Ra S.W., Kim T.H., Hwang Y.I., Park J.W. The Relationship Between Comorbidities and Microbiologic Findings in Patients with Acute Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease // *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. — 2022. — Vol. 17. — P. 855–867. doi: 10.2147/COPD.S360222.
41. Singh R., Dwivedi S.P., Gaharwar U.S., Meena R., Rajamani P., Prasad T. Recent updates on drug resistance in Mycobacterium tuberculosis // *J Appl Microbiol*. — 2020. — Vol. 128(6). — P. 1547–1567. doi: 10.1111/jam.14478.
42. Weatherall M. Distinct clinical phenotypes of airways disease defined by cluster analysis / M. Weatherall // *Eur. Respir. J*. — 2009. — Vol. 34. — P. 812–818.
43. Zavala M.J., Becker G.L., Blount R.J. Interrelationships between tuberculosis and chronic obstructive pulmonary disease // *Curr Opin Pulm Med*. — 2023. — Vol. 29(2). — P. 104–111. doi: 10.1097/MCP.0000000000000938.
44. Zhovanyk N.V., Tovt-Korshynska M.I. Interaction between clinical and psychological changes among patients with chronic obstructive pulmonary disease and pulmonary tuberculosis co-morbidity // *Wiad Lek*. 2019. — Vol. 72(4). — P. 635–638.

© Лавренюк Владимир Валерьевич (lavrenyuk_90@bk.ru); Лунева Марина Анатольевна (pjankova75@mail.ru);
 Шишкова Валерия Вадимовна (Dayana____11@mail.ru); Чурина Оксана Сергеевна (Oksanachurina1988@mail.ru);
 Павлова Лилия Владимировна (99ily55@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ВЫЗОВОВ СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПО ПОВОДУ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF AMBULANCE CALLS FOR THYROID DISEASES

**A. Manoilov
D. Gabaidze
V. Fishchenkov
G. Gabaidze**

Summary. Introduction. The prevalence of thyroid diseases among emergency medical services (EMS) patients in the Russian Federation (RF) has been insufficiently investigated. The study of epidemiology of thyreopathies in the cohort of persons served by ambulance service in the Russian Federation seems to be relevant. *The aim of the work* is to estimate the specific weight of served calls with final diagnoses of hypothyroidism and hyperthyroidism, as well as to make a forecast regarding the volume of probable calls to patients with thyreopathies. *Methods of work.* Evaluation of the call database of the state autonomous health care institution «Emergency Medical Aid Station» (SMAS) of Chelyabinsk for 2013–2022. Thyroid diseases were searched based on the International Classification of Diseases (ICD 10) codes E 03.9 and E 05.9. *Results.* During the ten-year follow-up period, the total number of calls did not change significantly (p) and averaged $371,705.4 \pm 6922.2$. The mean proportion of thyrotoxicosis calls serviced per year was 16.8 ± 2.1 (0.007 %), and the mean proportion for hypothyroidism was 14.3 ± 2.1 (0.004 %). There was a significant (p) decrease in the proportion of thyrotoxicosis calls from 0.007 % (or 24 calls) in 2013 to 0.004% (12 calls) in 2022, a rate of decline of 42.9 %, and a significant (p) decrease in the proportion of hypothyroidism calls served from 0.005 % (or 16 calls) in 2013 to 0.002 % (7 calls) in 2022, a rate of decline of 60 %. *Conclusions.* If the decade-long downward trend in the number of thyreopathic calls continues, the proportion of hypothyroidism patients in the total number of EMS calls may predictably decrease to 0.001 %, and the number of predicted thyrotoxicosis calls may predictably decrease to 0.004 %.

Keywords: ambulance call, thyrotoxicosis, hypothyroidism.

Манойлов Александр Егорович

Кандидат медицинских наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный медицинский университет»

Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Челябинск
a.e.manoilov@mail.ru

Габайдзе Джемал Иосифович

Врач-хирург, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Университетская клиническая больница №1 Первого МГМУ им. И.М. Сеченова
giagabaidze@mail.ru

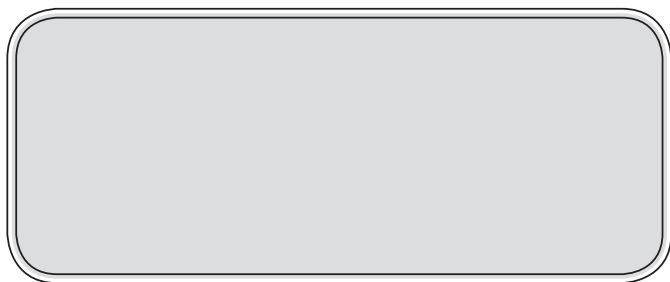
Фищенко Виталий Иванович

Заместитель главного врача по медицинской части ГАУЗ «Станция скорой медицинской помощи», г. Челябинск
muzssmp@chel.surnet.ru

Габайдзе Георгий Джемалович

Врач-ординатор, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва
mrkingdom444@gmail.com

Аннотация. Введение. Распространенность заболеваний щитовидной железы среди пациентов скорой медицинской помощи (СМП) в Российской Федерации (РФ) исследована недостаточным образом. Изучение эпидемиологии тиреопатий в когорте обслуживаемых СМП лиц в РФ представляется актуальным. *Цель работы* — на примере работы станции СМП города с населением более миллион оценить удельный вес обслуженных вызовов с заключительными диагнозами СМП гипотиреоз и гипертиреоз, а также сделать прогноз в отношении объема вероятных вызовов к пациентам с тиреопатиями. *Методы проведения работы.* Оценка базы данных вызовов государственного автономного учреждения здравоохранения «Станция скорой медицинской помощи» (ГАУЗ ССМП) г. Челябинска за 2013–2022 гг. Поиск заболеваний щитовидной железы выполнен на основании кодов международной классификации болезней (МКБ 10) E03.9 и E05.9. *Результаты.* За десятилетний период наблюдения общее количество вызовов достоверно (p) не изменилось и составило в среднем $371\,705,4 \pm 6922,2$. Средняя доля обслуженных вызовов по поводу тиреотоксикоза за год равнялась $16,8 \pm 2,1$ (0,007 %), средняя доля по поводу гипотиреоза $14,3 \pm 2,1$ (0,004 %). Выявлено достоверное (p) снижение доли вызовов по поводу тиреотоксикоза от 0,007 % (или 24 вызовов) в 2013 году до 0,004 % (12 вызовов) в 2022 году, темп убыли составил 42,9 %, а также достоверное (p) снижение доли обслуженных вызовов по поводу гипотиреоза от 0,005 %



Заболевания щитовидной железы занимают второе место по распространенности среди эндокринных заболеваний после сахарного диабета. Развитие тиреопатии связано с более высоким риском смертности от всех причин и смертности от сердечно-сосудистых заболеваний. Основными проявлениями дисфункции щитовидной железы являются симптомы со стороны сердечно-сосудистой системы: нарушения ритма сердца, сердечная недостаточность, повышение артериального давления (АД) [1,2,3]

Как при тиреотоксикозе, так и при гипотиреозе развиваются осложнения, требующие оказания скорой медицинской помощи (СМП) в экстренной форме. Распространенность заболеваний щитовидной железы среди клиентов СМП в Российской Федерации (РФ) практически не изучена. Публикаций, посвященных заболеваемости гипо- и гипертериозом, отражающих объем работы СМП с данными нозологиями, нами не найдено. По непонятным причинам в национальных клинических рекомендациях СМП [4] протоколы ведения пациентов с заболеваниями щитовидной железы на догоспитальном этапе вообще отсутствуют. На наш взгляд, существует недооценка роли тиреотоксикоза в развитии нарушений ритма сердца. В частности, в национальных клинических рекомендациях по фибрилляции предсердий (ФП) [5] и тиреотоксикозу [6] нет разделов, посвященных ведению пациентов с тиреотоксической ФП. Все это делает актуальным изучение эпидемиологии тиреопатий в когорте обслуживаемых СМП лиц РФ. На основании вышеизложенного сформулирована цель данной работы — оценить удельный вес обслуженных вызовов с ключевыми диагнозами СМП гипо- и гипертиреоз, а также сделать прогноз в отношении данной патологии для службы СМП.

Материал и методы

Для реализации поставленной цели проведен анализ медико-статистических показателей работы Государственного автономного учреждения здравоохранения «Станция скорой медицинской помощи» (ГАУЗ ССМП) г. Челябинска. Население города по переписи 2021 года составило 1.189 525 человек. Изучено количество обслуженных вызовов за 2013–2022 годы среди взрослого населения по следующим показателям и в соответствии

(или 16 вызовов) в 2013 году до 0,002% (7 вызовов) в 2022 году, темп убыли составил 60 %. *Выводы.* При сохранении выявленной за десятилетие тенденции к снижению количества вызовов по поводу тиреопатий доля пациентов с гипотиреозом в общей массе обслуженных вызовов СМП по прогнозу может снизиться до 0,001 %, а количество прогнозируемых вызовов по поводу тиреотоксикоза — до 0,004 %.

Ключевые слова: вызов скорой медицинской помощи, тиреотоксикоз, гипотиреоз.

с МКБ-10: E03.9 Гипотиреоз неуточнённый, E05.9 Тиреотоксикоз неуточнённый.

Удельный вес тиреотоксикоза и гипотиреоза оценивался посредством расчета экстенсивных показателей, средних величин и ошибок их репрезентативности. Размещение в таблицы и обобщение первичной информации, а также все расчеты выполнялись с использованием программ Microsoft Office и Microsoft Office Excel 2010. Предварительно каждый ряд величин проверялся на нормальность распределения с помощью онлайн-калькулятора (math.semester/group/hypothesis-testing.php), работающего на основе анализа критерия согласия Пирсона. Распределение всех исследованных рядов величин было неправильное (ненормальное). Поэтому были применены непараметрические методы исследования. Для установления случайности или значимости изменений показателей в динамике был использован критерий итераций, или повторений R. Когда R был равен или больше критического табличного значения R05, то принималась нулевая гипотеза, т.е. изменения уровня явления в динамике признавались статистически незначимыми, динамики показателей нет, и они находятся в пределах случайных колебаний. Если R был меньше табличного R05, то различия признавались статистически значимыми, т.е. имеется определённая динамика показателей. Анализ взаимосвязей осуществлялся с помощью расчета коэффициента корреляции по методу Пирсона. Прогнозирование осуществлялось по линии тренда с использованием программы Microsoft Office 10.

Результаты исследования

Показатели обслуживания ГАУЗ ССМП г. Челябинска населения за 2013–2022 гг. представлены в таблице. Максимальное число всех вызовов отмечено в 2017 году — 394637, минимальное в 2013 году — 340119. Их среднее количество равнялось $371705,4 \pm 6922,2$ в год. Максимальное количество вызовов с диагнозом тиреотоксикоз отмечено в 2019 году — 27, минимальное в 2018 и 2020 годах — 10. Наибольшее число вызовов с диагнозом гипотиреоз зафиксировано в 2017 году — 23, минимальное в 2020 году — 6. Среднее количество вызовов с диагнозом тиреотоксикоз равнялось $16,8 \pm 2,1$ в год, гипотиреоз — $14,3 \pm 2,1$.

Таблица.
Характеристика вызовов скорой медицинской помощи по поводу заболеваний щитовидной железы за 2013–2022 годы (n/%)

Годы	Диагноз		Всего обслуженных вызовов
	Тиреотоксикоз	Гипотиреоз	
2013	24 (0,007)	16 (0,005)	340119
2014	26 (0,007)	22 (0,006)	373034
2015	15 (0,004)	21 (0,005)	389499
2016	18 (0,005)	19 (0,005)	397389
2017	15 (0,004)	23 (0,006)	394637
2018	10 (0,003)	10 (0,003)	394637
2019	27 (0,007)	8 (0,002)	380809
2020	10 (0,003)	6 (0,002)	353279
2021	11 (0,003)	11 (0,003)	360181
2022	12 (0,004)	7 (0,002)	340194
Среднее	16,8±2,1	14,3±2,1	371705,4±6922,2

Доля от всех обслуженных СМП вызовов за год пациентов с тиреотоксикозом в г. Челябинске составила в среднем 0,007 %, с гипотиреозом — 0,004 %. Общее количество всех вызовов СМП г. Челябинска за десятилетний период наблюдения изменялось по восходящей параболе. Сначала наблюдалась восходящая ветвь параболы, где количество вызовов достоверно (p) выросло с 340119 вызовов в 2013 году до 397389 вызовов в 2016 году, темп роста составил 116,8 % (рис. 1). Затем произошло неравномерное снижение с темпом убывания в 16,0 %. И в результате за весь десятилетний период наблюдения количество вызовов достоверно (p) не из-

менилось. Среднее количество вызовов в год составило 371705,4±6922,2.

При сохранении тенденции к снижению числа вызовов СМП начавшейся с 2017 года, это снижение продолжится и в дальнейшем. По прогнозу в 2027 году количество вызовов СМП может составить 352886.

На фоне такой динамики общего количества вызовов СМП происходит достоверное (p) снижение доли вызовов по поводу тиреотоксикоза от 0,007 % (или 24 вызовов) в 2013 году до 0,004 % (12 вызовов) в 2022 году, темп убыли составил 42,9 % (рис. 2). Средняя доля вызовов по поводу тиреотоксикоза за год составила 16,8±2,1. При сохранении тенденции к снижению количества вызовов по поводу тиреотоксикоза их доля в общей массе вызовов СМП может снизиться до 0,004%.

Параллельно с этим происходит такое же достоверное (p) снижение доли обслуженных вызовов по поводу гипотиреоза от 0,005 % (или 16 вызовов) в 2013 году до 0,002 % (7 вызовов) в 2022 году, темп убыли составил 60 %. Средняя доля вызовов по поводу гипотиреоза за год составила 14,3±2,1. При сохранении тенденции к снижению количества вызовов по поводу этой патологии их доля в общей массе обслуженных вызовов СМП может снизиться до 0,001 %.

Обсуждение

Распространенность гипертиреоза оценивается обычно в 1 % населения в целом, гипотиреоза чаще всего от 2 до 4 %. Тяжелые формы тиреопатий (тиреотоксический криз, комы) встречаются редко, но требуют

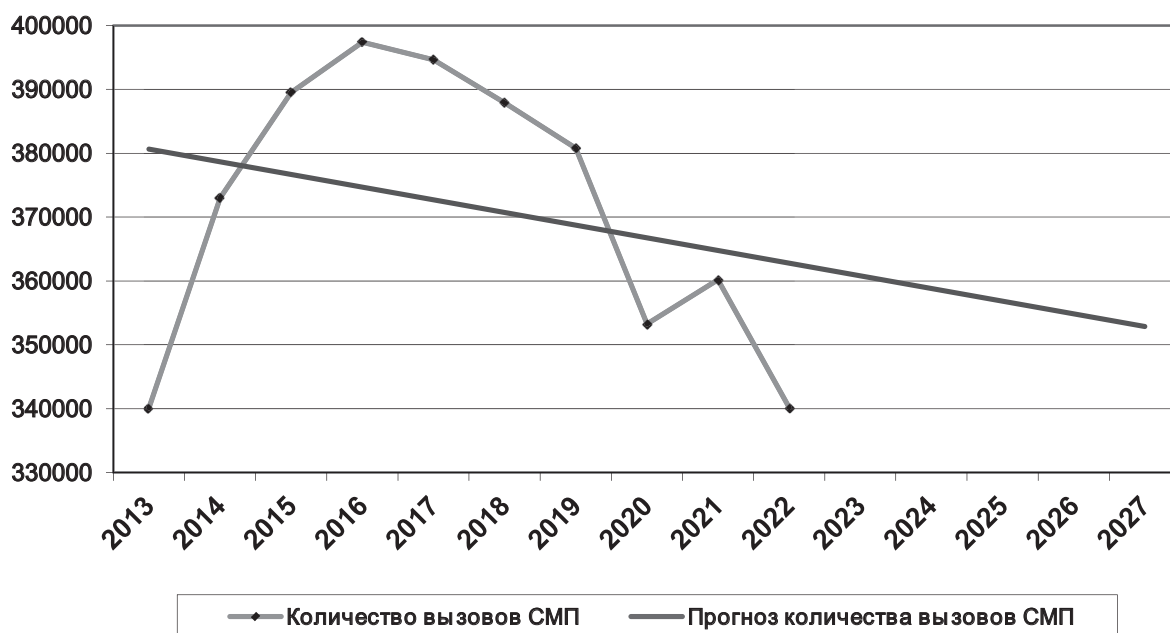


Рис. 1. Прогноз количества вызовов СМП до 2027 года (ед.)

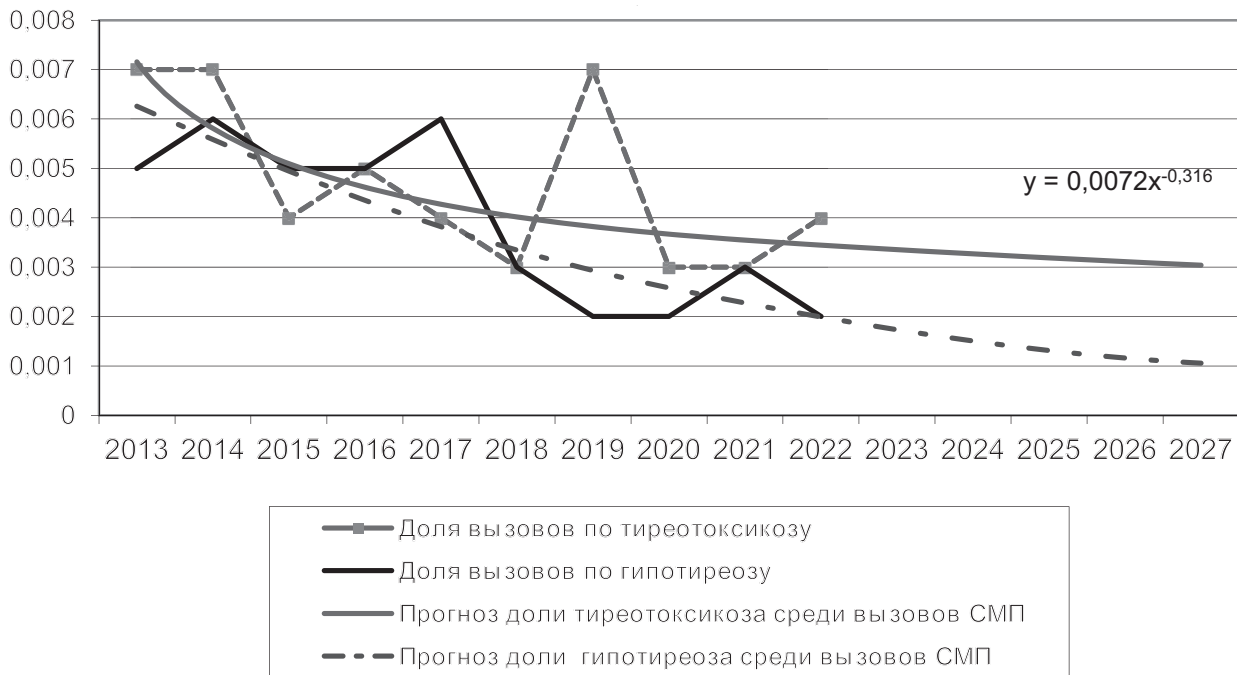


Рис. 2. Прогноз удельного веса вызовов по поводу тиреотоксикоза и гипотиреоза среди всех вызовов СМП до 2027 года (%)

своевременной диагностики, специфического интенсивного и очень затратного лечения [7, 8].

В «городе-миллионнике» Челябинске заболевания щитовидной железы являются относительно редким, но закономерным в течение многих лет поводом для вызова бригад СМП. Средняя доля обслуженных вызовов по поводу тиреотоксикоза за год составила $16,8 \pm 2,1 (0,007 \%)$, средняя доля по поводу гипотиреоза $14,3 \pm 2,1 (0,004 \%)$. Достоверной разницы в удельном весе обслуженных вызовов с диагнозами гипотиреоз и гипертиреоз за исследуемый промежуток времени не выявлено. При сохранении тенденции к снижению количества вызовов по поводу тиреопатий их доля в общей массе обслуженных вызовов СМП может снизиться по поводу тиреотоксикоза до 0,004 % и 0,001 % по поводу гипотиреоза.

Так как государственная статистическая отчетность дает укрупненные представления об эндокринных заболеваниях, учитывая болезни щитовидной железы в сумме, полученная в нашем исследовании информация может представлять практическую ценность для здравоохранения, в том числе для эндокринологической службы.

Выявленные статистические показатели вызовов СМП с заключительными диагнозами гипо- и гипертиреоз скорее всего вершина айсберга всех тиреопатий. Вклад заболеваний щитовидной железы в развитие экстренных состояний на догоспитальном этапе очевидно намного больше. Речь идет о патологии, обострение которой нередко провоцируется сопутствующими тиреопатиями: гипертоническая болезнь, нарушения ритма сердца. Распространенность гипертонической болезни у пациентов с тиреотоксикозом составляет от 10 до 50 % в зависимости от возраста [9]. Распространенность ФП у пациентов с гипертиреозом колеблется от 2 до 20 % в отличие от 2,3 % случаев ФП в контрольной популяции с нормальной функцией щитовидной железы [1]. Поэтому представляет большой научный и практический интерес дальнейшее, более углубленное изучение вызовов СМП, которые связаны с тиреопатиями. В частности, речь может идти об патологии, связанной с некомпенсированными, скрытыми заболеваниями щитовидной железы: повышение АД, рецидивы ФП, декомпенсация сердечной недостаточности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Thyroid and heart, a clinically relevant relationship. Corona G, Croce L, Sparano C [et al] // J Endocrinol Investig. — 2021. — Vol.44. — P. 2535–2544.
2. Основы патологии заболеваний по Роббинсу и Котрану / Кумар В., Аббас А.К., Фаусто Н., Астер Дж. К.; пер. с англ.; под ред. Е.А. Коган, Р.А. Серова, Е.А. Дубовой, К.А. Павлова. В 3 т. Том 3: главы 21–29. — М.: Логосфера, 2016. — 500 с.
3. Чаулин А.М. Современные представления о сердечно-сосудистых эффектах гипо— и гипертиреоза / А.М. Чаулин, Ю.В. Григорьева // Современные проблемы науки и образования. — 2021. — № 6. — С. 183.
4. Скорая медицинская помощь. Клинические рекомендации / под ред. С. Ф. Багненко. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2023. — 896 с.
5. Аракелян М.Г. Фибрилляция и трепетание предсердий. Клинические рекомендации 2020 / М.Г. Аракелян, Л.А. Бокерия, Е.Ю. Васильева и др. // Российский кардиологический журнал. — 2021. — Т. 26. — № 7. — С. 190–260.
6. Трошина Е.А., Свириденко Н.Ю., Беловалова И.М., и др. Клинические рекомендации по диагностике и лечению тиреотоксикоза с диффузным зобом (болезнь Грейвса), узловым/многоузловым зобом. — М.: РАЭ, 2021.
7. Thyroid Storm in the ICU: A Retrospective Multicenter Study. Bourcier S, Coutrot M, Kimmoun A [et al] // Crit Care Med. — 2020. — Vol.48, № 1. — P. 83–90.
8. Critically ill severe hypothyroidism: a retrospective multicenter cohort study. Bourcier S, Coutrot M, Ferré A [et al] // Ann Intensive Care. — 2023. — Vol. 13, № 15. — P.1–9.
9. Титова В.В. Эндокринная артериальная гипертензия: причины развития, принципы диагностики и лечения. Лекция для врачей / В.В. Титова, О.А. Кисляк, Т.Ю. Демидова // Focus Эндокринология. — 2021. — Т. 2. — № 4. — С. 31–38.

© Манойлов Александр Егорович (a.e.manoylov@mail.ru); Габаидзе Джемал Иосифович (gjagabaidze@mail.ru);
Фищенко Виталий Иванович (muzssmp@chel.surnet.ru); Габаидзе Георгий Джемалович (mrkingdom444@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СЕКСУАЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ ЖЕНЩИН ПРИ ПРОЛАПСЕ ТАЗОВЫХ ОРГАНОВ

SEXUAL FUNCTION OF WOMEN WITH PELVIC ORGAN PROLAPSE

E. Mirovich
Ev. Mirovich
A. Churilov
S. Petrenko

Summary. The sexual function of 144 women of reproductive age was studied. The subjects were divided into 2 groups: women with genital prolapse and healthy women. The study was conducted by analyzing data obtained from determining the Female Sexual Function Index (FSFI). It has been established that with pelvic organ prolapse, the frequency of sexual dysfunction is significantly higher than that in healthy women. In the presence of anatomical and functional manifestations of pelvic organ prolapse, there are no significant differences in the frequency of various states of sexual function depending on the degree of the disease.

Keywords: genital prolapse, sexual function, dyspareunia.

Мирович Екатерина Евгеньевна

Канд.мед.наук, ассистент,
Федеральное Государственное Бюджетное
Образовательное Учреждение Высшего Образования
«Донецкий государственный медицинский университет
имени М. Горького» Министерства здравоохранения
Российской Федерации
mirovich.k@gmail.com

Мирович Евгений Давидович

Докт.мед.наук, доцент, Федеральное Государственное
Бюджетное Образовательное Учреждение Высшего
Образования «Донецкий государственный медицинский
университет имени М. Горького» Министерства
здравоохранения Российской Федерации
ipmirov@mail.ru

Чурилов Андрей Викторович

Докт.мед.наук, профессор,
Федеральное Государственное Бюджетное
Образовательное Учреждение Высшего Образования
«Донецкий государственный медицинский университет
имени М. Горького» Министерства здравоохранения
Российской Федерации
andrey.churilov.61@mail.ru

Петренко Святослав Александрович

Канд.мед.наук, доцент, Федеральное Государственное
Бюджетное Образовательное Учреждение Высшего
Образования «Донецкий государственный медицинский
университет имени М. Горького» Министерства
здравоохранения Российской Федерации
s_petrenko_49@mail.ru

Аннотация. Изучена сексуальная функция 144 женщин репродуктивного возраста. Обследуемые разделены на 2 группы: женщины с генитальным пролапсом и здоровые. Исследование проводилось путем анализа данных, полученных при определении индекса женской сексуальной функции (ИЖСФ) (FSFI). Установлено, что при пролапсе тазовых органов частота нарушений сексуальной функции существенно превышает таковую у здоровых женщин. При наличии анатомо-функциональных проявлений пролапса тазовых органов достоверные отличия в частоте различных состояний сексуальной функции в зависимости от степени заболевания отсутствуют.

Ключевые слова: генитальный пролапс, сексуальная функция, диспареуния.

Изменения взаиморасположения тазовых органов при их опущении и выпадении у женщин приводят к возникновению различных функциональных нарушений, оказывающих выраженное негативное влияние на качество жизни. Одной из важных составляющих качества жизни является состояние сексуальной функции. Согласно классификации, предложенной Американским обществом урологических заболеваний

(AFUD) в 1998 году, цикл нормальных сексуальных реакций включает в себя следующие фазы: влечение, возбуждение, оргазм и разрешение [1]. Нарушение одной или нескольких фаз цикла сексуальных реакций рассматривается, как сексуальная дисфункция.

Адекватность сексуальных реакций у женщин подвержена влиянию множества факторов: физических,

психологических, эмоциональных. Она зависит от гормонального фона, различающегося в разные периоды жизни, связанного с наличием эндокринологических заболеваний, приема гормональных препаратов. На сексуальную функцию может оказывать негативное влияние различная соматическая патология, систематический прием целого ряда медикаментозных препаратов [2]. К дисфункции могут приводить такие психологические факторы, как тревожность, стрессы, депрессия и другие поведенческие расстройства. Среди эмоциональных факторов необходимо отметить важную роль низкой самооценки, внешнего вида партнера и качество взаимоотношений с ним [3]. При проведении обследования важно учитывать положительный опыт наблюдений в этой области и уже обоснованные и утвержденные международные стандарты, одним из которых является тезис о том, что при обследовании женщин оценка сексуального и гинекологического здоровья должна проводиться одновременно в едином контексте [4].

Наиболее негативное влияние на состояние женской сексуальной функции оказывает патология репродуктивной системы, и, в частности, пролапс тазовых органов. Пациентки с генитальным пролапсом часто испытывают дискомфорт и болевые ощущения при половой близости, вызванные чувством выпячивания во влагалище, венозным застоем и нарушением иннервации при данном заболевании [5]. Но еще в большей степени отрицательное влияние на сексуальную функцию оказывает возникающее чувство неловкости, собственной непривлекательности, негативное восприятие образа собственного тела. Указанные обстоятельства приводят к серьезным ограничениям в их сексуальной жизни, а часто и к отказу от нее. Все это вносит разлад в их душевное равновесие и негативно сказывается на межличностных и семейных отношениях [6].

Состояние женской сексуальной функции при пролапсе тазовых органов является вопросом недостаточно изученным. Имеются единичные исследования, проведенные на небольшом клиническом материале [5,7]. Сложность ее оценки связана с многофакторностью этиологии развивающихся нарушений. Тем не менее, в статистической выборке, объединенной каким-либо общим критерием возможен ее анализ в зависимости от данного критерия.

Целью данного исследования было изучение сексуальной функции у женщин, страдающих пролапсом тазовых органов.

Материал и методы

Основную группу составили 109 женщин, подготовленных для оперативного лечения по поводу анатомо-функциональных проявлений пролапса тазовых

органов. С целью стандартизации по состоянию гормонального фона в группу были включены пациентки репродуктивного возраста, не имеющие эндокринной патологии, не принимающие гормональные препараты и имеющие сексуальные контакты в течение последнего месяца. Критерием исключения являлось наличие постгистерэктомического пролапса. Средний возраст больных составил 41,3±3,49 лет. Оценка вагинального профиля пациенток осуществлялась при проведении пробы Вальсальвы в соответствии с классификацией POPQ. С пролапсом 2 степени было 27 женщин, с третьей — 82. В контрольную группу вошло 35 здоровых женщин, средний возраст которых составил 40,6±5,11 лет (P>0,05), с соответствующими критериями включения.

Исследование проводилось путем анализа данных, полученных при определении индекса женской сексуальной функции (ИЖСФ) (FSFI) [8]. Данный показатель рассчитывается на основании самоконтролируемого анкетного опроса, включающего 19 вопросов, позволяющих оценить особенности полового влечения, возбуждения, увлажнения влагалища, оргазма, достижения сексуального удовлетворения, наличия или отсутствия диспареунии. Балл по каждому пункту, оценивающему сексуальную функцию женщины, высчитывается умножением полученного показателя на множитель, представленный в таблице 1. Общий балл получают, суммируя показатели по каждому пункту. Полученные результаты оценивают следующим образом: количество баллов до 14 — выраженная степень сексуальной дисфункции, 15–21 — умеренная степень, 22–28 — низкая степень, 29 и выше — состояние сексуального комфорта. Кроме того, с целью оценки каждого отдельно взятого показателя сексуальной функции мы приняли его значение менее «4», как сниженное.

Таблица 1.

Ключ для расчета баллов, оценивающих показатели сексуальной функции у женщин по опроснику FSFI

Показатель сексуальной функции	Номер вопроса	Диапазон	Множитель	Мин. балл	Мак. балл
Влечение	1, 2	1–5	0,6	1,2	6
Возбуждение	3, 4, 5, 6	0–5	0,3	0	6
Увлажнение	7, 8, 9, 10	0–5	0,3	0	6
Оргазм	11, 12, 13	0–5	0,4	0	6
Удовлетворенность	14, 15, 16	0–5	0,4	0	6
Боль	17, 18, 19	0–5	0,4	0	6
Общий балл				1,2	36

Результаты

Средние значения показателей сексуальной функции женщин, исследуемых групп, представлены в таблице 2. Как видно из таблицы, у женщин обеих групп отсутство-

вали статистически значимые различия изучаемых показателей за исключением общего балла, отражающего значение ИЖСФ.

Таблица 2.

Показатели сексуальной функции в исследуемых группах женщин

Показатель сексуальной функции	Основная группа (n=109)	Контрольная группа (n=35)	p
Влечение	3,30+1,44	4,18+2,08	>0,05
Возбуждение	4,71+1,02	4,77+1,36	>0,05
Увлажнение	4,18+0,94	4,69+1,08	>0,05
Оргазм	3,29+1,19	4,32+1,1	>0,05
Удовлетворенность	4,3+0,74	5,18+0,68	>0,05
Боль	4,28+0,93	5,16+0,74	>0,05
Общий балл	24,04+4,22	27,96+3,06	<0,05

В то же время при анализе процента женщин, имеющих те или иные нарушения сексуальной функции, были получены достоверные различия между группами. Так снижение влечения было определено у 9 (25,71+5,25 %) женщин контрольной группы и у 41 (37,61+4,12 %) — основной (P<0,05). Недостаточное возбуждение было отмечено у 4 (11,42+2,34 %) женщин контрольной группы и у 14 (12,84+2,67 %) — основной. По данному показателю различия также не достоверны. В контрольной группе недостаточное увлажнение имело место у 5 (14,28+2,32 %), нерегулярный оргазм — у 15 (42,85+6,08 %), недостаточная удовлетворенность у 10 (28,57+3,67 %), диспареуния у 6 (17,14+2,06 %). В основной группе недостаточное

увлажнение имело место у 26 (23,85+3,24 %), нерегулярный оргазм — у 72 (66,06+6,08 %), недостаточная удовлетворенность у 43 (39,45+5,37 %), диспареуния у 45 (41,28+5,06 %), по всем показателям P<0,05.

Данные о нарушениях показателей сексуальной функции в процентном отношении к общему числу женщин исследуемых групп наглядно представлено на диаграмме 1.

Оценка результатов индекса сексуальной функции женщин исследуемых групп показало следующее. В контрольной группе состояние сексуального комфорта было отмечено у 25 женщин (71,43+3,63 %), низкая степень дисфункции — у 7 (20,0+4,08 %), умеренная степень дисфункции — у 3 (8,57+1,88 %). В основной группе состояние сексуального комфорта имело место у 28 (25,69+4,16 %), низкая степень дисфункции у 44 (40,37+4,62 %), умеренная степень у 37 (33,94+4,06 %) P<0,05. Полученные результаты оценки сексуальной функции женщин наглядно представлены в диаграммах 2 и 3.

Задачей следующего этапа нашего исследования было определение взаимосвязи частоты нарушений сексуальной функции от степени нарушения влагалищной анатомии. С этой целью основная группа была разделена на две подгруппы. В первую вошло 27 женщин с пролапсом тазовых органов 2 степени, во вторую — 82 с пролапсом 3 степени. Средний возраст пациенток первой подгруппы составил 39,56+4,63 лет, второй — 41,85+2,83 (P>0,05).

Диаграмма 1.

Нарушения показателей сексуальной функции в процентном отношении к общему числу женщин.

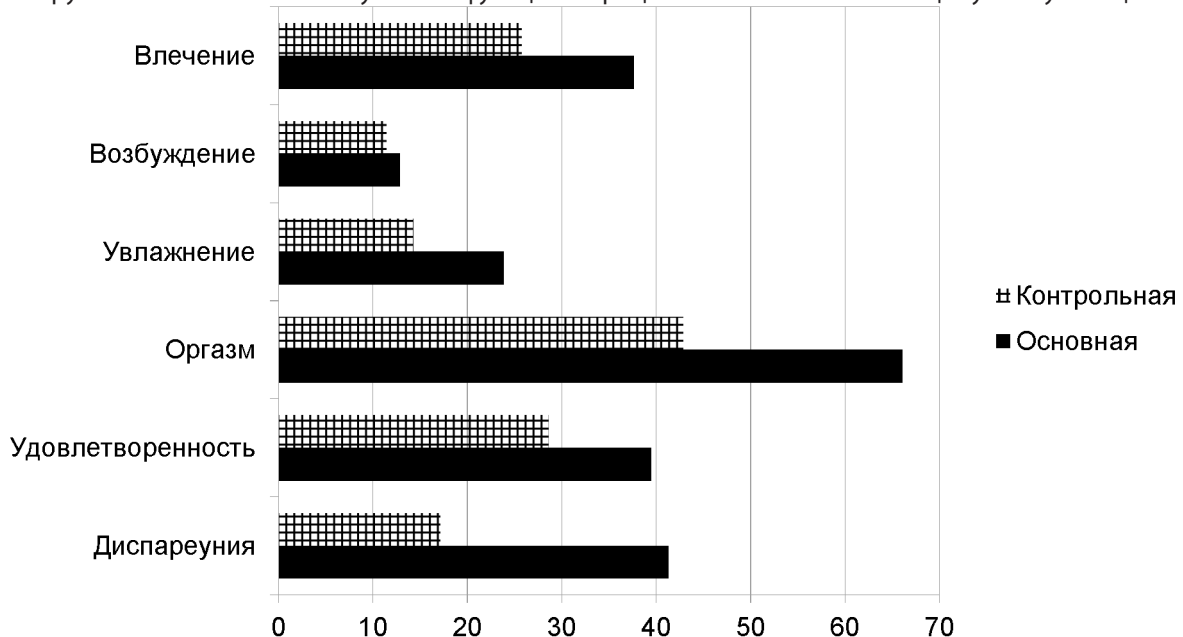


Диаграмма 2.



Диаграмма 3.



Средние значения показателей сексуальной функции женщин с различной степенью пролапса представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Показатели сексуальной функции у женщин с различной степенью пролапса тазовых органов

Показатель сексуальной функции	2 степень (n=27)	3 степень (n=82)	P
Влечение	3,15+1,58	3,35+1,40	>0,05
Возбуждение	4,81+1,0	4,67+1,03	>0,05
Увлажнение	4,30+0,99	4,15+0,93	>0,05
Оргазм	3,33+1,49	3,28+1,38	>0,05
Удовлетворенность	4,3+1,03	4,30+1,01	>0,05
Боль	4,22+1,12	4,29+1,15	>0,05
Общий балл	24,11+5,36	24,01+4,81	>0,05

Как видно из таблицы, у женщин обеих групп отсутствовали статистически значимые различия изучаемых показателей.

Оценка результатов индекса сексуальной функции женщин с различной степенью пролапса показало следующее. У женщин со второй степенью заболевания состояние сексуального комфорта было отмечено

в 7 случаях (25,9+7,23 %), низкая степень дисфункции — в 10 (37,03+4,36 %), умеренная степень дисфункции в 10 (37,03+4,36 %). У женщин с третьей степенью заболевания состояние сексуального комфорта имело место в 19 случаях (23,17+4,16 %), низкая степень дисфункции — в 36 (43,90+4,62 %), умеренная степень — у 27 (32,93+5,06 %), P>0,05. Следовательно, при наличии анатомо-функциональных проявлений пролапса тазовых органов достоверные отличия в частоте различных состояний сексуальной функции при разных степенях заболевания отсутствуют.

Выводы

У 28,5 % здоровых женщин репродуктивного возраста имеют место различные проявления сексуальной дисфункции.

При пролапсе тазовых органов частота нарушений сексуальной функции существенно превышает таковую у здоровых женщин.

При наличии анатомо-функциональных проявлений пролапса тазовых органов достоверные отличия в частоте различных состояний сексуальной функции в зависимости от степени заболевания отсутствуют.

ЛИТЕРАТУРА

1. Basson, R., Berman, J., Burnett, A., et al. (2000) Report of the International Consensus Development Conference on Female Sexual Dysfunction: Definitions and Classifications. *The Journal of Urology*, 163,888–893. [https://doi.org/10.1016/S0022-5347\(05\)67828-7](https://doi.org/10.1016/S0022-5347(05)67828-7).
2. Giraldi A., Rellini A.H., Pfaus J., Laan L. Female sexual arousal disorders // *J. Sex Med.* — 2013. — Vol.10. — P. 58–73.
3. West S.L., Vinikoor L.C., Zolnoun D. A systematic review of the literature on female sexual dysfunction prevalence and predictors// *Annu Rev Sex Res.* 2004;15:40–172.
4. Ferguson D. M. Clinical trial development in female sexual dysfunction. *J Sex Marital Ther, suppl*, 28:77,2002.
5. Дубинская Е.Д., Бабичева И.А., Колесникова С.Н., Дорфман М.Ф. Клинические особенности и сексуальная функция у пациенток с ранними формами пролапса тазовых органов. *Вопр. гинекологии, акушерства и перинатологии.* 2015; 14(6): 5–11.
6. Доброхотова Ю.Э., Камалов А.А., Слободянюк Б.А., Нагиева Т.С., Хлынова С.А., Димитрова В.И. Особенности сексуальной функции у пациенток с пролапсом гениталий. // *Акушерство и гинекология.* 2020; 8: 112–119.
7. Филимонов В.Б., Семятов С.М., Васин Р.В., Васина И.В. Влияние влагалищных операций при коррекции генитального пролапса на сексуальную функцию у женщин. // *Вестник ВолГМУ.* — 2017. — выпуск 4 (64). — С. 29–32.
8. Rosen R., Brown C., Heiman J., Leiblum S., Meston C., Shabsigh R. et al. (2000). The Female Sexual Function Index (FSFI): a multidimensional self-report instrument for the assessment of female sexual function. *J.Sex.Marital.Ther* 26:191–208.

© Миpович Екатерина Евгеньевна (mirovich.k@gmail.com); Миpович Евгений Давидович (ipmirov@mail.ru);
Чурилов Андрей Викторович (andrey.churilov.61@mail.ru); Петренко Святослав Александрович (s_petrenko_49@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИТРАОПЕРАЦИОННЫЕ МАРКЕРЫ РАЗВИТИЯ ВПЕРВЫЕ ВОЗНИКШЕЙ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ У ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА ПОСЛЕ АОРТО-КОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ

ITRAOPERATIVE MARKERS OF THE DEVELOPMENT OF FIRST ACHIEVEMENT OF ATRIAL FIBRILLATION IN PATIENTS WITH CHRONIC ISCHEMIC HEART DISEASE AFTER CORONARY ARTO BYPASS GRAFTING

**N. Sokolova
E. Savelyeva
K. Martynova
A. Makhauri
S. Medzhidov**

Summary. Myocardial revascularization using coronary artery bypass grafting (CABG) is the gold standard for the treatment of chronic ischemic heart disease (CHD) with multivessel coronary artery disease. A common complication of CABG is rhythm disturbance in the form of atrial fibrillation (AF). After surgery, it most often occurs on the second and third days and has a short-term period, going away on its own. New postoperative AF (POAF) can lead to thromboembolic complications, hemodynamic disturbances, and an increase in the length of the patient's hospital stay. It is very important to identify markers that are triggers for the onset of POAF. Various studies demonstrate risk factors for POAF in the form of comorbidities, associated conditions, systemic inflammatory response, and intraoperative factors. In this regard, the purpose of our study was to study and determine intraoperative markers of POAF development in patients with chronic ischemic heart disease after CABG.

Keywords: chronic ischemic heart disease, coronary artery bypass grafting, postoperative atrial fibrillation.

Соколова Наталья Юрьевна

Доктор медицинских наук;
ФБГОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России
nsokolova1711@gmail.com

Савельева Екатерина Александровна

ФБГОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России

Мартынова Ксения Андреевна

ФБГОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России

Махаури Анзор Дикалович

ФБГОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России

Меджидов Сабир Рустамович

ФБГОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России

Аннотация. Реваскуляризация миокарда с помощью аорто-коронарного шунтирования (АКШ) относится к золотому стандарту лечения хронической ишемической болезни сердца (ИБС) с многососудистым поражением коронарного русла. Нередким осложнением АКШ является нарушение ритма в виде фибрилляции предсердий (ФП). После операции она возникает чаще всего на второй и третий день и имеет краткосрочный период, проходя самостоятельно. Впервые возникшая послеоперационная ФП (ПОФП) может приводить к тромбоэмболическим осложнениям, нарушению гемодинамики, увеличению длительности пребывания пациента в стационаре. Очень важно определить маркеры, являющиеся триггерами для наступления ПОФП. Разные исследования демонстрируют факторы риска ПОФП в виде сопутствующей патологии, ассоциированных состояний, системной воспалительной реакции и интраоперационных факторов. В связи с этим, целью нашего исследования явилось изучение и определение интраоперационных маркеров развития ПОФП у пациентов с хронической ИБС после АКШ.

Ключевые слова: хроническая ишемическая болезнь сердца, аорто-коронарное шунтирование, послеоперационная фибрилляция предсердий.

Наиболее часто возникающее осложнение кардиохирургических вмешательств — это нарушение ритма в виде фибрилляции предсердий, частота которого варьирует от 30 до 40 % после аортокоронарного шунтирования (АКШ) [1]. Факторы, которые могут стать триггерами ФП очень разнообразны и до конца неясны, ими могут выступать как сопутствующие заболевания, воспалительные реакции в ответ на хирургическое вмешательство, переоперационные осложнения и интраоперационные воздействия [2,3]. Послеоперационная впервые возникшая ФП может увеличивать сроки пребывания пациента в отделении реанимации и стационаре, а также оказывать негативное воздействие

на долгосрочные результаты — выживаемость, тромбоэмболические события [1,2,3].

Цель исследования — изучение и определение интраоперационных маркеров развития послеоперационной ФП (ПОФП) у пациентов с хронической ИБС после АКШ.

Материал и методы

Дизайн исследования

Данное исследование является наблюдательным, неконтролируемым, проспективным, одноцентровым,

нерандомизированным. Материалом нашей работы послужили результаты лечения и наблюдения за 152 пациентами с хронической ИБС, которые имели многососудистое поражение коронарных артерий и АКШ. Средний возраст больных с ИБС составил 64,4±5,9 года (от 36 до 79 лет). Средний срок наблюдения составил 17,9±5 месяцев.

Критерии включения: наличие хронической ИБС, наличие показаний к реваскуляризации миокарда с помощью АКШ (атеросклеротическое поражение коронарных артерий с подтвержденной инструментальными методами исследования ишемией миокарда).

Критерии исключения: возраст младше 18 лет, нарушения ритма в виде наджелудочковой экстрасистолии, предсердные тахикардии в анамнезе, ФП в анамнезе, острый период инфаркта миокарда (ИМ) (включение в исследование проводилось не ранее, чем через 3 месяца после перенесенного ИМ), аневризма ЛЖ, тяжелая систолическая дисфункция левого желудочка (ФВ ЛЖ < 35 %), выраженная дисфункция клапанов на фоне ИБС, гемодинамически значимое поражение каротидного бассейна (более 70 % стенозирования по диаметру), заболевания щитовидной железы, открытые кардиохирургические операции в анамнезе, злоупотребления алкоголем или другими наркотическими средствами/препаратами (исключая никотин), отказ пациента.

Продолжительность исследования

В период с апреля 2019 года по март 2021 года было проведено включение пациентов.

Описание медицинского вмешательства

Оперативное вмешательство осуществлялось с помощью АКШ (n=152), которое проводили по стандартной методике с использованием ауто-артериальных шунтов в условиях ИК и на работающем сердце [4].

Анализ в группах

Все пациенты после АКШ были разделены на 2 группы в зависимости от наступления впервые возникшей ПОФП (1-я группа: пациенты с ПОФП (n=43, 28,3 %), 2-я группа: без ПОФП (n= 109, 71,7 %). Исходная дооперационная характеристика пациентов в зависимости от возникновения послеоперационной ФП представлена в таблице 1.

Методы регистрации исходов

Всем пациентам проводили комплексное обследование до АКШ выполняли общеклинические исследования, включающие сбор жалоб, анамнез пациента, его физикальное и инструментальное обследование. Суточный анализ ЭКГ проводили с помощью компьюте-

Таблица 1.

Исходная характеристика больных с хронической ИБС, перенесших АКШ, в зависимости от впервые возникшей послеоперационной ФП.

Критерии	Пациенты с хронической ИБС после АКШ (n=152)		p
	с ПОФП (n=43, 28,3%)	без ПОФП (n=109, 71,7%)	
Возраст, годы (M ± SD)	65,8±4,7	60,5±5,5	0,007
Мужской пол, n (%)	24 (55,8)	71 (65,1)	0,188
Курение, n (%)	35 (81,4)	84 (77,1)	0,364
ИМТ (кг/м ²)	32,3±3,3	29,5±3,7	0,061
Лица с ИМТ >30<35 кг/м ² , n (%)	29 (67,4)	54 (49,5)	0,034
Лица с ИМТ >35 кг/м ² , n (%)	11(25,6)	17 (15,6)	0,117
Артериальная гипертензия, n (%)	34 (79,1)	82 (75,2)	0,392
Сахарный диабет 2 тип, n (%)	11 (25,6)	21 (19,3)	0,258
Инфаркт миокарда, n (%)	29 (67,4)	72 (66,1)	0,515
Хронические болезни почек, n (%)	8 (18,6)	15 (13,8)	0,302
ХОБЛ, n (%)	6 (14,0)	12 (11,0)	0,399
Заболевания периферических артерий, n (%)	6 (14,0)	11 (10,1)	0,337
Хроническая сердечная недостаточность, n (%)	9 (20,9)	12 (11,0)	0,093
Перенесенный ОНМК или ТИА, n (%)	4 (9,3)	7 (6,4)	0,379
ЧКВ в анамнезе, n (%)	8 (18,6)	17 (15,6)	0,409
EuroSCORE II, (M ± SD)	2,4±0,6	2,1±0,5	0,642
SYNTAX Score (M ± SD)	27,9±3,8	26,9±4,0	0,284
CHA2DS2-VASc score, (M ± SD)	3,2±1,2	2,7±1,4	0,059
Когнитивная функция по MoCa, (M ± SD)	25,9±1,0	26,4±1,1	0,142

Примечание: ХОБЛ — хроническая обструктивная болезнь легких, ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство, ТИА — транзиторная ишемическая атака.

ризованного комплекса суточного мониторирования ЭКГ — МИОКАРД-ХОЛТЕР (версия 8.54 DV от 06.06.2019) производство г. Саров, Россия. Для эхокардиографического (ЭхоКГ) исследования был использован аппарат Philips CX50 (США) с применением секторального датчика с частотой 2,5-3,5 МГц.

Статистический анализ

Методы статистического анализа данных

Выполнение статистической обработки данных производилось с использованием персонального компью-

тера. Массив данных собирался в базу, созданную в среде Microsoft® Office® Excel® (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA). Все полученные данные были обработаны в IBM SPSS Statistics for Windows 23.0® IBM Ink. (Armonk, NY, USA) и WinPEPI Portal © 11.61 (J.H.Abramson). Те же самые пакеты программ были использованы для создания таблиц и графических изображений.

В качестве порогового значения при оценке статистической значимости использовалось значение ошибки первого рода 5 % ($p=0,05$).

Основные результаты

Представленные в таблице 1 данные демонстрируют статистически значимое возрастное превалирование у пациентов 1-й группы ($65,8 \pm 4,7$ против $60,5 \pm 5,5$ лет, соответственно, $p=0,007$). Не выявлено достоверных различий между группами по гендерному признаку ($p=0,188$) и сопутствующим заболеваниям, которые при этом чаще выявлялись у пациентов 1-й группы: СД ($p=0,258$), хронические болезни почек ($p=0,302$), ХОБЛ ($p=399$), заболевания периферических артерий (0,337) и ХСН (0,093). Пациенты обеих групп демонстрировали наличие избыточной массы тела, средние значения ИМТ были выше у пациентов 1-й группы, однако, не достигнув статистически значимых различий ($p=0,061$). При этом число лиц с ожирением 1 степени было значимо больше среди пациентов первой группы (29 (67,4 %) против 54 (49,5 %) соответственно в 1-й и 2-й группах, $p=0,034$). Значения шкал риска оперативного вмешательства EuroSCORE II ($p=0,642$) и риска тромбоэмболических событий CHA2DS2-VASc score ($p=0,059$), были выше у пациентов 1-й группы, что также не продемонстрировало статистически значимых различий.

Всем пациентам ($n=152$) была проведена реваскуляризация миокарда с помощью АКШ: с применением ИК ($n=92$, 60,5 %) и на работающем сердце ($n=60$, 39,5 %). В таблице 2 представлена интраоперационная характеристика больных в зависимости от наличия ПОФП. Время ИК ($68,6 \pm 10,3$ против $53,7 \pm 4,5$ мин, соответственно в 1-й и 2-й группе, $p=0,001$) и время пережатия аорты ($54,2 \pm 9,3$ против $45,8 \pm 2,49$ мин, соответственно в 1-й и 2-й группе, $p<0,001$) были значительно выше у пациентов с ПОФП. Кроме того, время ИВЛ и продолжительность пребывания пациентов в палате реанимации были более длительными у пациентов с ПОФП ($7,5 \pm 2,6$ против $6,3 \pm 0,44$ часа и $33,95 \pm 10,1$ против $22,2 \pm 2,8$ часа, соответственно в 1-й и 2-й группе, $p<0,001$).

Указанные в таблице 2 интраоперационные данные демонстрируют, что пациентам 1-й группы чаще проводили АКШ с ИК, в том числе с более длительным временным интервалом параметров ИК и пережатия аорты в сравнении с лицами, сохраняющими синусовый ритм

Таблица 2.

Интраоперационная характеристика больных с хронической ИБС после АКШ в зависимости от ПОФП

Параметр	Пациенты с хронической ИБС после АКШ ($n=152$)		p
	с ПОФП ($n=43$, 28,3%)	без ПОФП ($n=109$, 71,7%)	
АКШ с ИК, n (%)	35 (81,4)	57 (52,3)	0,001
Параметры пациентов АКШ с ИК ($n=92$)			
Время ИК, мин, $M \pm SD$	$68,6 \pm 10,3$	$53,7 \pm 4,5$	$<0,001$
Время пережатия аорты, мин, $M \pm SD$	$54,2 \pm 9,3$	$45,8 \pm 2,49$	$<0,001$
Параметры всех пациентов, перенесших АКШ ($n=152$)			
Время ИВЛ, час, $M \pm SD$	$7,5 \pm 2,6$	$6,3 \pm 0,44$	$<0,001$
Длительность пребывания в реанимации, час, $M \pm SD$	$33,95 \pm 10,1$	$22,2 \pm 2,8$	$<0,001$
Лабораторные показатели пациентов после АКШ (в первые сутки после операции) ($n=152$)			
калий, ммоль/л, $M \pm SD$	$3,72 \pm 0,97$	$4,49 \pm 1,0$	$<0,001$
магний, ммоль/л, $M \pm SD$	$0,72 \pm 0,33$	$1,1 \pm 0,47$	$<0,001$

после АКШ. Вне зависимости от методики АКШ, у больных с впервые возникшей ПОФП время использования ИВЛ и пребывания в палате реанимации были дольше. Лабораторные показатели уровней калия и магния, исследованные в первые сутки послеоперационного периода показали, что у пациентов 1-й группы были значимо ниже в сравнении со 2-й (калий $3,72 \pm 0,97$ против $4,49 \pm 1,0$ ммоль/л и магний $0,72 \pm 0,33$ против $1,1 \pm 0,47$ ммоль/л соответственно в 1-й и 2-й группах, $p<0,001$).

В раннем послеоперационном периоде ФП возникла у 43 пациентов (28,3 %), при этом 83,7 % имели нарушение ритма впервые четверо суток (рисунок 1). В первые сутки после АКШ ПОФП зафиксирована у 7 пациентов (16,2 %), на 2-е сутки — у 13 (30,2 %), 3-е — 12 (27,9 %), 4-е — 4 (9,3 %), 5-е — 1 (2,3 %), 6-е — 2 (4,7 %), 7-е — 0 (0 %), 8-е — 1 (2,3 %), 9-е — 2 (4,7 %), 10-е — 1 (2,3 %).

Средняя длительность ПОФП составила $3,6 \pm 2,8$ часа, которая у 12 пациентов (27,9 %) купировалась самостоятельно, а у 31 (72,1 %) — потребовала введения амиодарона (средняя доза 480 ± 124 мг).

Обсуждение

В нашем исследовании частота развития ФП после АКШ на госпитальном периоде составила 28,3 %, при этом основная часть пациентов с ПОФП (83,7 %) имела нарушение ритма впервые четверо суток после опера-

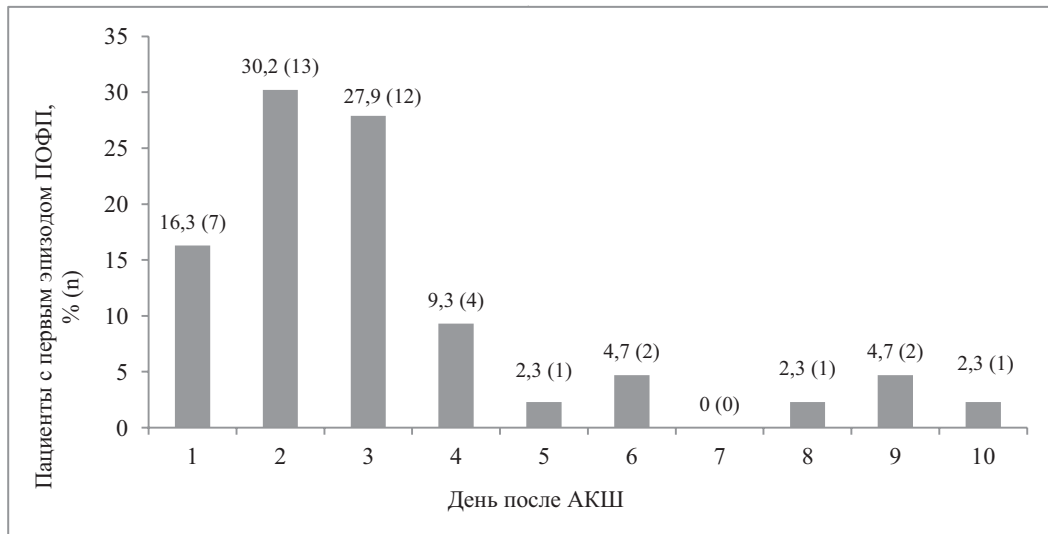


Рис. 1. Распределение ПОФП у пациентов с хронической ИБС после АКШ по дню возникновения

тивного вмешательства. Наши данные сопоставимы с результатами других исследователей, которые демонстрируют триггерное воздействие воспалительных факторов на индуцирование ПОФП в первые 2-3-е суток послеоперационного периода, когда происходит их максимальный выброс в организме пациента [5].

Нами был изучен интраоперационный период и было обнаружено, что среди пациентов с ПОФП в 81,4 % проведена АКШ с использованием искусственного кровообращения (ИК), а среди лиц без ПОФП — в 52,3 % ($p=0,001$). Время ИК и время пережатия аорты было выше у лиц с ПОФП ($p<0,001$). Время ИВЛ и длительность пребывания в реанимационном отделении были выше у пациентов с ПОФП ($p<0,001$). Проведение операций АКШ с ИК способствует ишемическим и реперфузионным повреждениям, что является триггерным компонентом ПОФП [6].

Основываясь на наших результатах, которые согласуются со многими другими исследованиями, врачи понимают, что около 30 % пациентов с хронической ИБС будут иметь ПОФП в течение первых 4-х дней после АКШ и что этот риск выше для пожилых пациентов. Нами получены и другие интраоперационные факторы риска ПОФП: длительное время искусственного кровообращения и время пережатия аорты. Воспалительный процесс — это один из ведущих патофизиологических механизмов наступления ПОФП после АКШ, и именно АКШ с ИК является ключевым триггером в каскаде воспалительных реакций [7]. Squiers JJ с соавторами [8] в своей работе доказал механизм воспалительных реакций при применении ИК и связь с индукцией ПОФП.

Патофизиология ПОФП после АКШ до конца не изучена. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что в возникновении ПОФП играет роль комбинация нескольких

факторов. К этим факторам относятся усиление воспаления, ишемия, окислительный стресс, фиброз предсердий, избыточная доставка катехоламинов в большой круг кровообращения, электролитные нарушения, дисбаланс вегетативного тонуса и изменения экспрессии коннексинов, вызывающие образование предрасполагающего анатомического субстрата [9]. В нашем исследовании более низкие уровни электролитов (калия и магния) наблюдались именно в группе пациентов с ПОФП.

Многими авторами была продемонстрирована роль кардиopleгии в повышении электрической активности предсердий [10,11]. Ряд исследователей доказали генетическую предрасположенность к послеоперационному воспалению, и это было определено как фактор риска для наступления ПОФП [12,13].

Sobczyk D. с соавторами отмечают, что риск развития ПОФП выше при возникновении послеоперационной инфекции, продолжительной искусственной вентиляции легких (ИВЛ), нестабильности гемодинамики, ишемии миокарда и низком сердечном выбросе [14]. В нашем исследовании не было зафиксировано тяжелых инфекционных осложнений после АКШ. Анализ интраоперационного периода показал, что лица с ПОФП имели достоверно более длительное время ИВЛ ($p<0,001$) и время пребывания в реанимационном отделении ($p<0,001$).

Заключение

Риск ПОФП после АКШ у пациентов с хронической ИБС увеличивается с возрастом, при операциях АКШ с ИК, при более длительном использовании ИК и ИВЛ, электролитном дисбалансе. Тщательная стратификация пациентов, входящих в группу риска развития ПОФП с учетом критериев, которые выявлены в нашем исследовании, является важным фактором.

довании, может способствовать своевременной диагностике и лечению впервые возникшей ПОФП после АКШ,

снижая риск других осложнений и неблагоприятных исходов.

ЛИТЕРАТУРА

- Villareal RP, Hariharan R, Liu BC, Kar B, Lee VV, Elayda M, Lopez JA, Rasekh A, Wilson JM, Massumi A. Postoperative atrial fibrillation and mortality after coronary artery bypass surgery. *J Am Coll Cardiol*. 2004 Mar 3;43(5):742–8. doi: 10.1016/j.jacc.2003.11.023. PMID: 14998610.
- Соколова Н.Ю., Савельева Е.А., Попов Д.А., Мартынова К.А. Эпидемиологические и патогенетические механизмы фибрилляции предсердий в зависимости от влияния сопутствующей патологии, аортокоронарного шунтирования и перенесенной новой коронавирусной инфекции. *Креативная кардиология*. 2022; 16 (3): 302–12. DOI: 10.24022/1997-3187-2022-16-3-302-312
- Gialdini G, Nearing K, Bhavne PD, Bonuccelli U, Iadecola C, Healey JS, Kamel H. Perioperative atrial fibrillation and the long-term risk of ischemic stroke. *JAMA*. 2014 Aug 13;312(6):616–22. doi: 10.1001/jama.2014.9143. PMID: 25117130; PMCID: PMC4277813.
- Соколова НЮ, Голухова ЕЗ, Савельева ЕА, Попов ДС. Состояние когнитивной функции у больных хронической ишемической болезнью сердца после аортокоронарного шунтирования. *Кардиология*. 2021;61(9):40–46. DOI: 10.18087/cardio.2021.9.n1514
- Angelini GD, Penny WJ, el-Ghamary F, West RR, Butchart EG, Armistead SH, Breckenridge IM, Henderson AH. The incidence and significance of early pericardial effusion after open heart surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1987;1(3):165–8. doi: 10.1016/1010-7940(87)90034-0. PMID: 3272807.
- Gurbuz O, Kumtepe G, Yolgosteren A, Ozkan H, Karal IH, Ercan A, Ener S. A comparison of off- and on-pump beating-heart coronary artery bypass surgery on long-term cardiovascular events. *Cardiovasc J Afr*. 2017 Jan/Feb 23;28(1):30–35. doi: 10.5830/CVJA-2016-049. Epub 2016 May 11. PMID: 27172146; PMCID: PMC5423433.
- Dobrev D, Aguilar M, Heijman J, Guichard JB, Nattel S. Postoperative atrial fibrillation: mechanisms, manifestations and management. *Nat Rev Cardiol*. 2019 Jul;16(7):417–436. doi: 10.1038/s41569-019-0166-5. PMID: 30792496.
- Squiers JJ, Mack MJ. Coronary artery bypass grafting—fifty years of quality initiatives since Favaloro. *Ann Cardiothorac Surg*. 2018 Jul;7(4):516–520. doi: 10.21037/acs.2018.05.13. PMID: 30094216; PMCID: PMC6082785.
- Erdil N, Gedik E, Donmez K, Erdil F, Aldemir M, Battaloglu B, Yologlu S. Predictors of postoperative atrial fibrillation after on-pump coronary artery bypass grafting: is duration of mechanical ventilation time a risk factor? *Ann Thorac Cardiovasc Surg*. 2014;20(2):135–42. doi: 10.5761/atcs.0a.12.02104. Epub 2013 Feb 28. PMID: 23445806.
- Hravnak M, Hoffman LA, Saul MI, Zullo TG, Whitman GR, Griffith BP. Predictors and impact of atrial fibrillation after isolated coronary artery bypass grafting. *Crit Care Med*. 2002 Feb;30(2):330–7. doi: 10.1097/00003246-200202000-00011. PMID: 11889304; PMCID: PMC3679531.
- Mullen JC, Khan N, Weisel RD, Christakis GT, Teoh KH, Madonik M, Mickle DA, Ivanov J. Atrial activity during cardioplegia and postoperative arrhythmias. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1987 Oct;94(4):558–65. PMID: 3309480.
- Mathew JP, Fontes ML, Tudor IC, Ramsay J, Duke P, Mazer CD, Barash PG, Hsu PH, Mangano DT; Investigators of the Ischemia Research and Education Foundation; Multicenter Study of Perioperative Ischemia Research Group. A multicenter risk index for atrial fibrillation after cardiac surgery. *JAMA*. 2004 Apr 14;291(14):1720–9. doi: 10.1001/jama.291.14.1720. PMID: 15082699.
- Echahidi N, Pibarot P, O'Hara G, Mathieu P. Mechanisms, prevention, and treatment of atrial fibrillation after cardiac surgery. *J Am Coll Cardiol*. 2008 Feb 26;51(8):793–801. doi: 10.1016/j.jacc.2007.10.043. PMID: 18294562.
- Sobczyk D, Sadowski J, Sniezek-Maciejewska M. Analiza przyczyn migotania przedsionków u pacjentów we wczesnym okresie po operacjach pomostowania tętnic wieńcowych [Causes of atrial fibrillation early after coronary artery bypass grafting]. *Przegl Lek*. 2005;62(3):141–7. Polish. PMID: 16171142.

© Соколова Наталья Юрьевна (nsokolova1711@gmail.com); Савельева Екатерина Александровна; Мартынова Ксения Андреевна; Махаури Анзор Дикалович; Меджидов Сабир Рустамович
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ В ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С ДИАБЕТИЧЕСКОЙ ОФТАЛЬМОПАТИЕЙ

EFFICACY AND SAFETY OF ANTIBACTERIAL DRUGS IN THE TREATMENT OF PATIENTS WITH DIABETIC OPHTHALMOPATHY

A. Yakiev

Summary. Patients suffering from type 2 diabetes mellitus are more vulnerable to the development of exudative inflammation after ophthalmic surgery compared with a non-diabetic patient. As part of this analysis, a review of both domestic and international scientific publications for the period from 2020 to 2022 was carried out. In the discourse of complications associated with type 2 diabetes, it is customary to highlight that patients with diabetic retinopathy may develop chronic bacterial infections that, without proper treatment, can potentially lead to loss of vision. Nevertheless, antimicrobial therapy can effectively minimize the risks of visual impairment, provided that a deep understanding of the mechanisms of development of these complications is provided. A study of effective methods of antimicrobial therapy for type 2 diabetes has been carried out.

Keywords: diabetic retinopathy, postoperative period, antimicrobial therapy.

Якиев Абдулнасир Абдулбасирович

Врач-офтальмолог,

БУ «Сургутская окружная клиническая больница»

Nasir_95@mail.ru

Аннотация. Пациенты, страдающие от сахарного диабета второго типа, более уязвимы к развитию экссудативных воспалений после проведения офтальмологических хирургических вмешательств по сравнению с недиабетическим контингентом. В рамках данного анализа был осуществлен обзор как отечественных, так и международных научных публикаций за период с 2020 по 2022 года. В дискурсе осложнений, связанных с диабетом второго типа, принято выделять, что у больных диабетической ретинопатией могут формироваться хронические бактериальные инфекции, которые без надлежащего лечения потенциально могут привести к утрате зрения. Тем не менее, антимикробная терапия может эффективно минимизировать риски ухудшения зрения при условии глубокого понимания механизмов развития данных осложнений. Было осуществлено исследование эффективных методов антимикробной терапии с диабетом 2 типа.

Ключевые слова: диабетическая ретинопатия, послеоперационный период, антимикробная терапия.

Введение

По данным Европейского общества катарактальных и рефракционных хирургов, фторхинолоны были определены как одна из самых результативных стратегий профилактики и лечения воспалительных процессов после окулярной хирургии у пациентов со вторым типом диабета. В области офтальмологической микрохирургии и прежде всего при коррекции катаракты наблюдаются значительные достижения. Использование передовых технологий и новаторских операционных методик способствовало значительному снижению вероятности возникновения интра- и послеоперационных осложнений, что положительно отразилось на количестве успешно проведенных операций.

Несмотря на значительные успехи в офтальмологической микрохирургии, особенно при лечении катаракты, послеоперационное воспаление остается одной из главных проблем, уменьшающих эффективность терапии. Инцидентность такого воспаления колеблется от 1,8 до 21,5 %, а вероятность возникновения эндофтальмита составляет примерно 0,2 %. Для пациентов с диабетом

второго типа риск развития гнойных инфекционных процессов выше из-за изменений иммунного ответа. Эти пациенты склонны к наличию более высокого уровня условно-патогенных микробов в конъюнктивальном мешке по сравнению с недиабетическими пациентами, что увеличивает шансы на рецидивы халязиона и увеита и замедляет процесс заживления операционных ран. В результате это создает благоприятную среду для развития экссудативного воспаления после хирургического удаления катаракты. Без надлежащих предоперационных мероприятий частота таких осложнений у пациентов с диабетом может достигать 15–20 %, а вероятность эндофтальмита возрастает до 0,4 %. На данный момент прогресс в применении передовых техник и методов офтальмологической хирургии значительно снижает риски осложнений как во время операции, так и после неё и способствует повышению количества успешных оперативных вмешательств.

Методология

В исследовании используется многоуровневая методология исследования, начиная с литературного обзора,

включающего анализ научных публикаций из баз данных, таких как PubMed, Cochrane Library и Web of Science, посвященных диабетической офтальмопатии, противовирусным препаратам и их применению в офтальмологии, и заканчивая исследованием результатов рандомизированных контролируемых исследований, обзоров клинических случаев и мета-анализов, оценивающих эффективность и безопасность противовирусных препаратов. Также используются статистические данные о распространенности заболевания и результатов применения противовирусных препаратов.

Методология включает качественный анализ для определения текущего состояния знаний и идентификации пробелов в исследованиях, а также количественный анализ, включая статистическую обработку данных из клинических исследований и мета-анализ для синтеза результатов из различных источников. Критический анализ применяется для оценки качества и достоверности источников и сравнения результатов из различных исследований. Методология случай-контроль используется для анализа клинических исходов у пациентов, получающих противовирусные препараты, по сравнению с контрольной группой.

Результаты и обсуждение

Исследование, проведенное на основе данных почти 16 000 пациентов и базирующееся на рекомендациях Европейского общества катарактальной и рефракционной хирургии (ESCRS), показывает, что фторхинолон Ofotaxic (0,5 % левофлоксацина) является самой эффективной профилактикой инфекционных последствий после операции по удалению катаракты, особенно для больных со 2 типом диабета.

Воспалительные осложнения после операции обычно ассоциируются с микроорганизмами, присутствующими на веках и в конъюнктиве [8, 9]. Отсутствие профилактики антимикробными средствами до операции может привести к обнаружению инфекционных агентов на конъюнктиве в 47–78 % случаев и на коже век — в 100 % случаев [6]. В составе бактерий конъюнктивы у взрослых грамположительные микробы составляют до 90 %, из которых коагулазоотрицательные стафилококки (КОС), такие как *S. epidermidis*, *S. hominis* и *S. apophyticus*, занимают от 55 до 78 %. *Staphylococcus aureus* выявляется у 5–26 % пациентов, *Streptococcus spp.* — приблизительно у 2 %. Помимо этого, распространены *Propionibacterium spp.* (31–47 %), менее часты *Corynebacterium spp.* (4–6 %), грамотрицательные бактерии представлены в количестве от 6 до 11 %, а доля грибковой флоры равна также от 4 до 6 % [6,7]. Согласно данным Endophthalmitis Vitrectomy Study (EVS), основными возбудителями эндофтальмита в США являются грамположительные кокки (КОС, *Staphylococcus aureus*

и *Streptococcus*) — отмечена их концентрация в диапазоне от 75 до 95 % случаев [9].

Хинолоны применяются с шестидесятих годов прошлого столетия благодаря своему уникальному механизму действия по сравнению с другими антибактериальными препаратами и оказывают эффект на широкий спектр патогенных организмов, даже тех, что имеют многочисленную лекарственную устойчивость. Эти лекарства подразделяются по поколениям согласно времени появления новых, более эффективных препаратов; классификация Квинтилиани из предложенной им системы за 1999 год выделяет четыре таких поколения.

С начала 1980-х годов второе поколение фторхинолонов нашло применение благодаря их широкому антимикробному спектру, который включает стафилококки, отличной бактерицидной эффективности и превосходным фармакокинетическим свойствам. Эти особенности сделали их подходящими для терапии разнообразных локальных инфекций. Фторхинолоны третьего и четвертого поколения, появившиеся в 1990-е годы, демонстрируют повышенную активность по отношению к грамположительным микроорганизмам (особенно к *Streptococcus pneumoniae*), интрацеллюлярным патогенам и анаэробам (для препаратов четвертого поколения), при этом также улучшились их фармакокинетические характеристики. Исключительные бактерицидные свойства фторхинолонов стали базой для создания специализированных составов для местного использования, например в виде офтальмологических капель. С 1990-х годов они активно применяются в офтальмологии, доказав свою эффективность в предотвращении и лечении воспалительных заболеваний глаз. Эти новейшие антибиотики обладают обширными терапевтическими возможностями и успешно справляются с инфекциями как грамположительных, так и грамотрицательных микроорганизмов.

Левофлоксацин 0,5 % (Офтаквикс) представляет собой антибиотик из третьего поколения фторхинолонов, он выделяется своей выраженной активностью против ключевых ферментов ДНК-гиразы и топоизомеразы IV, которые имеют центральное значение для репликации ДНК бактерий, а также процессов рекомбинации и репарации. Левофлоксацин демонстрирует особенно высокую эффективность против *Streptococcus spp.* и *Staphylococcus aureus*. К тому же, уровень устойчивости бактерий к этому антибиотику остается относительно низким в сравнении с фторхинолонами более ранних поколений. Сравнительные исследования эффективности данного препарата указывают на значительное возрастание концентраций активного компонента в слезной, водянистой и стекловидной жидкостях по сравнению с предшествующими поколениями фторхинолонов. Руководствуясь комплексными данными

по чувствительности окулярных патогенов к антимикробным агентам, ESCRS выработали свои рекомендации.

В ходе исследований было обнаружено, что левофлоксацин обеспечивает широчайший спектр активности против 1470 штаммов глазных патогенов и отличное проникновение в передний отдел глаза. Применение Офтаквикса за два-три дня до хирургического вмешательства создает необходимую концентрацию антибиотика в роговице и передней камере, что значительно превосходит минимальную ингибиторную концентрацию (MIC90) для микробных возбудителей постоперационного эндофтальмита. Согласно разработанной на данный момент методике использования Офтаквикса после операции, улучшения здоровья замечены у 96,8 % пациентов, при этом острота зрения увеличивалась уже на начальном этапе послеоперационного периода.

Исследования указывают на то, что левофлоксацин среди фторхинолонов отличается наименьшей токсичностью для роговицы по сравнению с препаратами предшествующего поколения. Препарат Офтаквикс проявляет эффективность в борьбе с грамположительными и грамотрицательными микроорганизмами и широко применяется для предотвращения и лечения послеоперационных инфекций в офтальмологической хирургии, особенно у лиц, страдающих диабетом. Это обусловлено способностью данных антибактериальных агентов проникать в жидкость переднего отдела глаза при низком уровне корнеальной токсичности. Сведений о нежелательных эффектах местного использования фторхинолонов не так много. В большинстве случаев они сводятся к временному раздражению в области глаз после применения препарата; капли для глаз с 0,5 %

концентрацией левофлоксацина имеют pH около 6,5, что близко к нейтралитету. Частота побочных эффектов при использовании левофлоксацина сравнима с риском при использовании плацебо. В контексте клинического использования фторхинолонов в офтальмологии рекомендуется назначение Офтакс (0,5 % концентрация левофлоксацина) за несколько дней до хирургического вмешательства для должной подготовки больного [16, 17].

В отделении хирургии глазной клиники, осуществляющей свою деятельность под руководством городского здравоохранительного департамента Москвы, было произведено хирургическое вмешательство для устранения катаракты у 150 пациентов, страдающих от инсулиннезависимого сахарного диабета, оперативное лечение глаукомы проведено 100 пациентам. В период реабилитации данные лица принимали капли Офтаквикс в количестве 1–2 капли четырежды в день на протяжении трех недель. В состав терапии так же параллельно был включен приём НПВС и кортикостероидов. Препарат Офтаквикс был хорошо перенесён больными, не приводил к негативным последствиям для тканей роговицы и способствовал заживлению послеоперационных ран.

Заключение

Из собственного опыта предлагается использовать Офтаквикс как профилактическое и лечебное средство для предупреждения и борьбы с воспалительными явлениями после операций, связанных с диабетической макулопатией. Рекомендуется его применение не более чем на трёхнедельный период. В случаях обнаружения медленно развивающегося увеита следует продолжать лечение до облегчения состояния в комбинации с другими препаратами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астахов Ю.С., Шадричев Ф.Е. Диабетологические центры — новый этап в создании специализированной помощи больным с диабетической ретинопатией // Клиническая офтальмология. — М., 2001. — № 4. — С. 148–153.
2. Астахов Ю.С., Шадричев Ф.Е., Григорьева Н.Н., Шкляров Е.Б., Даль Н.Ю., Красавина М.И. Влияние интравитреального введения «Кеналога» и «Авастина» на течение диабетического макулярного отека // Микролекции, тезисы докладов, стенограммы дискуссий III Всероссийского семинара — «Круглый стол» — «Макула-2006» под общей редакцией Ю.А. Иваниско. — Ростов-на-Дону, 2008. — С. 345–347.
3. Астахов Ю.С., Шадричев Ф.Е., Лисочкина А.Б. Лазеркоагуляция сетчатки при лечении диабетической ретинопатии // Клиническая офтальмология. — М., 2000. — Т. 1, № 1. — С. 15–18.
4. Дедов И.И., Шестакова М.В. Сахарный диабет и артериальная гипертензия. — М.: ООО «Медицинское информационное агентство»; 2006.
5. Демидова Т.Ю., Трахтенберг Ю.А. Современные возможности терапии диабетической ретинопатии // Сахарный диабет. — 2014. — Т. 17. — №3 — С. 122–128. doi: 10.14341/DM20143122–128
6. Klein R, Lee KE, Gangnon RE, Klein BE. The 25-Year Incidence of Visual Impairment in Type 1 Diabetes. *Ophthalmology*. 2010;117:63–70. doi: 10.1016/j.ophtha.2009.06.051
7. Кириллюк М.Л. Медикаментозное лечение и профилактика диабетической ретинопатии при сахарном диабете типа 1 Обзор литературы и клинических исследований // Международный эндокринологический журнал. — 2012. — Т. 8. — №5 — С. 70–75.

АНАЛИЗ МИКРОБИОМА КОНЪЮНКТИВАЛЬНОЙ ПОЛОСТИ У ПАЦИЕНТОВ С ДИАБЕТИЧЕСКИМ МАКУЛЯРНЫМ ОТЕКОМ ДО И ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ

ANALYSIS OF THE MICROBIOME OF THE CONJUNCTIVAL CAVITY IN PATIENTS WITH DIABETIC MACULAR EDEMA BEFORE AND AFTER SURGICAL TREATMENT

A. Yakiev

Summary. The purpose of this study is to analyze changes in the microbiome of the conjunctival cavity in patients with diabetic macular edema (DMO) before and after surgery. As part of the study, analytical materials were collected on conjunctival smears from patients before and after surgical treatment of DMO. The results of next-generation sequencing were analyzed, quantitative and qualitative analysis of the microbiome was carried out. The results showed significant changes in the composition of the microbiome after surgery. Several cases of bacterial infections in the postoperative period have been described, their diagnosis and effective treatment. This study highlights the importance of understanding the role of the microbiome in the pathogenesis and treatment of diabetic macular edema. The results can be used to develop new therapeutic strategies aimed at modifying the microbiome of the conjunctival cavity, which opens up new prospects in the treatment of this disease.

Keywords: diabetic macular edema, conjunctival microbiome, next generation sequencing, eye surgery, bacterial profile of conjunctiva.

Якиев Абдулнасир Абдулбасирович

Врач-офтальмолог,

БУ «Сургутская окружная клиническая больница»

Nasir_95@mail.ru

Аннотация. Целью данного исследования является анализ изменений в микробиоме конъюнктивальной полости у пациентов с диабетическим макулярным отеком (ДМО) до и после хирургического вмешательства. В рамках исследования были собраны аналитические материалы о конъюнктивальных мазках от пациентов до и после хирургического лечения ДМО. Были проанализированы результаты секвенирования следующего поколения, проведен количественный и качественный анализ микробиома. Результаты показали значительные изменения в составе микробиома после хирургического вмешательства. Было описано несколько случаев бактериальных инфекций в постоперационный период, их диагностика и эффективное лечение. Данное исследование подчеркивает важность понимания роли микробиома в патогенезе и лечении диабетического макулярного отека. Результаты могут быть использованы для разработки новых терапевтических стратегий, направленных на модификацию микробиома конъюнктивальной полости, что открывает новые перспективы в лечении данного заболевания.

Ключевые слова: диабетический макулярный отек, конъюнктивальный микробиом, секвенирование следующего поколения, хирургическое лечение глаз, бактериальный профиль конъюнктивы.

Введение

Всемирная организация здравоохранения назвала диабет одним из трех самых опасных заболеваний, наряду с болезнями сердца и раком. По данным Международной диабетической федерации, более 415 миллионов взрослых в возрасте от 20 до 79 лет страдают той или иной формой этого заболевания. Диабетическая ретинопатия и макулярный отек — два наиболее серьезных заболевания глаз, связанных с диабетом, которые приводят к ухудшению зрения или инвалидности. Для установления связи между макулярными аномалиями и сахарным диабетом можно использовать различные диагностические методы, однако во всем мире пока не существует общепринятой системы классификации. Лечение диабетической макулопатии может представлять трудности из-за множества типов повреждения сетчатки, что затрудняет создание единого стандартного

варианта лечения. Поэтому передовые диагностические методы все чаще признаются ценными для улучшения существующих методов лечения этого заболевания.

Диабетическая ретинопатия (ДР) является следствием диабета и поражает мелкие кровеносные сосуды, такие как мелкие артерии, капилляры и вены, что может привести к микроаневризмам, кровоизлияниям, экссудативным изменениям и макулопатии с глазной неоваскуляризацией [1]. В странах с развитой экономикой СД составляет 80–90 % случаев ухудшения зрения [2] и является одной из основных причин слепоты среди трудоспособного населения. По данным WESDR, когда продолжительность заболевания СД1 достигает 20 лет, почти 100 % пациентов страдают от ДР, что приводит к полной потере зрения у каждого 30-го человека. В целом, через пять лет после начала СД1 признаки ДР проявляются примерно у 20 %, через 10 лет — у 60 %, а через 20–30

лет — почти у всех больных; при СД2 в течение 20 лет у двух третей проявляются симптомы ДР, а одна пятая находится в пролиферативной фазе.

Методология

Во время исследования были определены критерии отбора источников, включая типы источников (рецензируемые научные статьи), временной диапазон (последние 10 лет) и язык публикаций (английский и русский). Поиск литературы осуществлялся через научные базы данных, такие как PubMed, Cochrane Library и Scopus, с использованием ключевых слов, связанных с темой исследования.

Далее была произведена оценка и отбор литературы на основе качества исследований, исключая работы с низким уровнем доказательности. В процессе сбора данных была извлечена и систематизирована информация по ключевым параметрам: авторы, год публикации, методы исследования, основные результаты и выводы. Анализ и синтез данных включал критический анализ собранных данных для выявления тенденций и различий, а также сравнение и обобщение результатов различных исследований.

Написание обзора включало структурирование материала в соответствии с научными стандартами и объективное представление данных, а также обозначение потенциальных пробелов в исследованиях. Важным аспектом являлось тщательное документирование всех использованных источников в стиле цитирования.

Обсуждение и результаты

Было замечено, что в глазах здоровых людей и больных глазными инфекциями различные микроорганизмы присутствуют с разной частотой. Результаты литературы свидетельствуют о том, что в конъюнктиве взрослых обычно обнаруживаются *Corynebacterium xerosis*, *Staphylococcus epidermidis* и негемолитические стрептококки. В то же время *Staphylococcus aureus* и *Propionibacterium spp.* распространены меньше. Исследование, проведенное в 10 клиниках России, показало, что *Staphylococcus aureus* является наиболее распространенным возбудителем (40,4 %) бактериальных инфекций глаз у взрослых [11]. В других исследованиях коагулазоотрицательные стафилококки (75,3 %) и факультативные анаэробы (*Propionibacterium spp.*) были отмечены как ведущие причины бактериального конъюнктивита [5, 7, 9]. Это указывает на то, что этиологическая антимикробная терапия должна назначаться как профилактически (до операции), так и терапевтически.

Y.F. Maichuk и соавт. (2001) подчеркнул, что за последние пять лет соотношение грамположительных

и грамотрицательных бактерий изменилось с 81,8/8,1 % до 51,4/48,6 %. Это благоприятно, так как до этого во время глазных хирургических вмешательств в 8–12 % случаев наблюдалось внутриглазное заражение и слепота, но благодаря применению защитных и санитарно-гигиенических мер этот показатель значительно снизился и составляет менее 2 %, по данным Н.С. Чепурина. Кроме того, М.Л. Цитовский и др., а также М.Г. Рабинович и др. сообщили, что такие операции, как экстракция катаракты, осложняются пиогенными процессами в 0,2–2 % случаев; зарубежные авторы Bonamour et al. отметили несколько меньший показатель — 0,08–0,5 %. Однако Пейман и др. предположили более высокую частоту (3–6 %) возникновения этой проблемы после удаления катаракты, что связано с менее благоприятными для хирургического вмешательства условиями малообеспеченных больниц.

Как сообщают Е.А. Вуйвид, А.Л. Канкров, В.П. Одинцов, Е.Н. Киселева и другие, внутриглазные пиогенные процессы могут возникать через несколько дней или даже лет после антиглаукомных операций, например фистулопластики; поздние гнойные инфекции встречаются примерно в 2,27 % случаев после склеральной трепанации по Элиоту (Greenberg Е.М.). По данным офтальмологической клиники ИМГМИ Первого Московского медицинского института, после иридотомии инфекция развилась у 0,4 % пациентов (Гринберг Е.М., Ершкович И.Г., Канский и др.). Sloan et al., однако, отметили, что у 1–18 % лиц, перенесших фильтрующую антиглаукомную операцию, развился бактериальный эндофтальмит (Гринберг Е.М., Ершкович И.Г., Канский и др.). Абель, Биндер и Беллоуз подсчитали, что 0,3 % людей, перенесших любую операцию, приводящую к открытию глазной полости, впоследствии страдают от внутриглазной инфекции.

По данным исследований, 66 % всех случаев приводят к потере зрения на пораженном глазу. Тем не менее, благодаря внедрению стерильных и антисептических методов в офтальмологическую хирургию, частота послеоперационных внутриглазных инфекций резко снизилась. Исследование, проведенное в Московском офтальмологическом институте имени Гельмгольца в период с 1968 по 2007 год, показало, что лишь в 0,06 % из 11274 операций возникали такие инфекции. К сожалению, нагноение может быть столь же разрушительным, как и инфекционное перфорационное повреждение, которое может привести к слепоте или даже глазной смерти с частотой 53,4–89,4 %. Однако благодаря совершенствованию методов асептики и дезинфекции подобные осложнения в целом значительно сократились.

Рассмотрим некоторые клинические случаи, связанные с изменением состава микрофлоры в постоперационный период у исследуемой группы пациентов.

Пожилым мужчиной 65 лет жаловался на боли и покраснение в правом глазу в течение последних пятнадцати дней. Он страдал сахарным диабетом в течение 25 лет и гипертонией в течение 10 лет. Семнадцатью днями ранее с помощью иглы 26 G в супраорбитальный квадрант была сделана задняя инъекция ацетонид триамцинолона (20 мг в 0,5 мл) без контактных процедур, таких как аппланационная тонометрия с контактной линзой или задняя лазерная терапия, после получения согласия по методу Нозика для лечения кистозного диабетического макулярного отека. Затем на этот же глаз после PST (Posterior Segment Treatment) офтальмографически был нанесен моксифлоксацин 0,5 %. При клиническом осмотре острота зрения с наилучшей коррекцией (BCVA) составила OD 6/18 и OS 6/12 при нормальных движениях глаз.

При осмотре вблизи PST был выявлен локализованный склеральный абсцесс размером 7 × 5 мм со слизисто-гнойными выделениями. Признаков относительного дефицита афферентного зрочкового нерва не было. Оба глаза были псевдотемными, с непролиферативной диабетической ретинопатией и клинически значимым макулярным отеком. На аппарате Cirrus HD-OCT компании Carl Zeiss Meditec (Дублин, Калифорния) центральная толщина макулы составила 331 мкм в правом глазу и 333 мкм в левом. До этого момента не было отмечено ни боли, ни гиперемии, ни каких-либо других выделений из правого глаза. Клинически никаких признаков склерита, таких как истончение склеры, ранее не наблюдалось. Кроме того, при надавливании на область дакриоцисты на обоих глазах не наблюдалось рецидива петехиальных выделений. Правому глазу ранее не назначались ни топические, ни пероральные стероиды; также в анамнезе не было системной иммуносупрессии, интравитреальных инъекций или лазерного лечения.

Гипертония пациента эффективно лечилась пероральными препаратами, но его диабет был плохо регулируемым (HbA1c 11,7 %, глюкоза натощак 369 мг/дл, постпрандиальная глюкоза 435 мг/дл). Применялись пероральные гипогликемические средства. В прошлом имела диабетическая нефропатия, однако при обследовании почечные тесты оказались в норме. Впоследствии эндокринолог рекомендовал инъекции инсулина для лучшей регуляции диабетического статуса. Перед выпиской необходимо было провести окрашивание мазков конъюнктивы по Граму, окрашивание по КОН, бактериальные и грибковые посевы; в качестве эмпирического лечения было назначено местное применение концентрированного цефазолина 5 % каждый час вместе с тобрамицином 1,3 %, ванкомицином 1 г, вводимым внутривенно дважды в день, и цефтриаксоном 2 г, вводимым внутривенно дважды в день. Абсцессы слизистой оболочки также необходимо было ежедневно протирать стерильными влажными салфетками.

После двух дней приема назначенного препарата состояние пациента начало улучшаться. Окрашивание по Граму показало наличие скопления кокков, а окрашивание КОН дало отрицательный результат. Культуры бактерий и грибов отсутствовали. Коамоксиклав в дозе 625 мг три раза в день принимался перорально в течение двух недель, и по истечении этого срока склерит был полностью устранен.

Несмотря на эффективность первичной терапии глаукомы в лечении ДМО, особенно кистозной ДМОЗ, в редких случаях после PST по поводу диабетического макулярного отека возникали периокулярные абсцессы. Впервые об этом явлении сообщили Oh и соавт. в исследовании, где они рассказали о случае 62-летней женщины, у которой развился периокулярный абсцесс через месяц после проведения панретинальной фотокоагуляции с использованием PST для лечения макулярного отека и пролиферативной ретинопатии, связанных с диабетом. Аналогичным образом Sukhia и соавт., описали случай 54-летней женщины с диабетом, который она пыталась лечить с помощью итраконазола, но в результате ФКТ и лазерной фокусировки для лечения диабетического макулярного отека (ДМО) у нее развился атрофический эпителий век, вызванный *Psuedallescheria boydii*.

Пациент положительно отреагировал на пероральный прием линезолида и местное нанесение моксифлоксацина, и повреждение полностью зажило в течение трех недель: это первый документально подтвержденный случай бактериального склерального абсцесса после PST по поводу ДМО. Кроме того, сообщалось об орбитальном абсцессе, вызванном *Scedosporium apiospermum*, через три месяца после PST по поводу ДМО. Пациенту была проведена парапланарная витрэктомия по поводу эндофтальмита. Кроме того, известно, что орбитальные абсцессы возникали в результате интравитреальной стероидной терапии (ИСТ) у людей с макулярным отеком, вызванным окклюзией ветви ретикулярной вены. Склеральные абсцессы после ИСТ также были связаны с ювенильным ишемическим макулярным отеком.

Kusaka и соавт., зарегистрировали орбитальную инфекцию, вызванную *Nocardia spp.*, через 2 недели после интравитреального введения стероидов для лечения болезни Бехчета при неконтролируемом сахарном диабете и системных нестероидных стероидах. Galor и соавт., наблюдали субконъюнктивальную мицетому, вызванную *Janselmea echorhiala*, через неделю после интравитреального применения стероидов для лечения возрастной макулярной дегенерации. Признано, что применение стероидов может привести к повышенному риску бактериальной инфекции у людей с ослабленным иммунитетом. Это еще один зарегистрированный случай потенциального бактериального склерального абсцесса, связанного с интравитреальным введением

стероидов при диабетическом макулярном отеке (ДМО). Вероятной причиной является коагулазоотрицательный *Staphylococcus epidermidis*, который является типичным элементом конъюнктивы; грибковые инфекции, возникающие при ДМО, обычно проявляются позже и имеют неблагоприятный прогноз в отличие от бактериальных инфекций, которые проявляются раньше и реагируют на антибиотики.

Люди с ослабленным иммунитетом, например, с неконтролируемым диабетом, могут быть склонны к бактериальным глазным инфекциям в случаях, когда им был назначен PST одновременно с лазерной терапией. К счастью, восстановление иммунной системы в сочетании со своевременным и адекватным лечением должно привести к успешному устранению любой бактериальной инфекции, которая могла быть вызвана PST.

Заключение и выводы

В ходе исследования был проведен глубокий анализ литературы, содержащей описание клинических слу-

чаев, связанных с постоперационными осложнениями при лечении диабетического макулярного отека. Было выявлено, что нормальная конъюнктивная микрофлора представлена в основном *Corynebacterium xerosis*, *Staphylococcus epidermidis* и негемолитическими стрептококками. В то же время, у пациентов с отягощенным диабетическим анамнезом был выявлен повышенный риск возникновения абцессов в постоперационный период, в частности связанный с появлением патогенной микрофлоры, представленной *Pseudallescheria boydii*, *Scedosporium apiospermum* и *Staphylococcus epidermidis*. В качестве эффективной противомикробной терапии показали себя применение линезолида и местное нанесение моксифлоксацина, а также применение концентрированного цефазолина 5 % вместе с тобрамицином 1,3 %, ванкомицином 1 г и цефтриаксоном 2 г. В дальнейшем планируется разработка средств предупреждения размножения патогенной микрофлоры при проведении инвазивных манипуляций при лечении диабетического макулярного отека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева Н.И., Потехина И.Д. и др. «Изменения микрофлоры глазных слез при диабетическом макулярном отеке» // *Фундаментальные исследования*. 2017. Т. 3. № 6 (ч. 3). С. 667–672.
2. Аширов О.В., Шамхалова М.Х. и др. «Особенности микробиоты конъюнктивальной полости у пациентов с диабетическим макулярным отеком» // *Офтальмологические ведомости*. 2018. Т. 11. № 2. С. 67–73.
3. Бобров Е.В., Столбова О.С. и др. «Изменения микрофлоры конъюнктивальной полости у пациентов с диабетическим макулярным отеком» // *Бюллетень Сибирской медицины*. 2019. Т. 18. № 1. С. 153–157.
4. Власова Т.В., Сухих Г.Т. и др. «Микробиом конъюнктивальной полости у пациентов с диабетическим макулярным отеком после хирургического лечения» // *Российский офтальмологический журнал*. 2020. Т. 13. № 4. С. 229–233.
5. Гасанова Л.Ф., Муртазин Р.Р. и др. «Роль микробиоты конъюнктивальной полости при диабетическом макулярном отеке» // *Астраханский медицинский журнал*. 2018. Т. 13. № 2. С. 48–52.
6. Демидов О.Н., Игнатенко О.В. и др. «Микробиота конъюнктивальной полости у пациентов с диабетическим макулярным отеком до и после проведения хирургического лечения» // *Казанский медицинский журнал*. 2017. Т. 98. № 2. С. 218–223.
7. Ершов В.В., Курочкин Д.В. и др. «Микрофлора конъюнктивальной полости у больных с диабетическим макулярным отеком до и после лазерного вмешательства» // *Офтальмохирургия*. 2020. Т. 13. № 3. С. 167–174.
8. Захаров А.В., Галышкин В.А. и др. «Состояние микробиоты конъюнктивальной полости у пациентов с диабетическим макулярным отеком до и после оперативного лечения» // *Вестник Волгоградской медицинской академии*. 2019. Т. 20. № 2. С. 67–72.
9. Кругликова И.В., Туляков А.Ф. и др. «Микробиом глаза у пациентов с диабетическим макулярным отеком до и после фармакотерапии» // *Офтальмология*. 2018. Т. 15. № 2. С. 120–125.
10. Матвеева А.Л., Завьялова А.И. и др. «Оценка микробиоты конъюнктивы у пациентов с диабетическим макулярным отеком до и после хирургического лечения» // *Вестник офтальмологии*. 2019. Т. 55. № 4. С. 215–220.
11. Петров С.С., Лунёв В.М. и др. «Микробиологическая характеристика конъюнктивы у пациентов с диабетическим макулярным отеком» // *Офтальмохирургия и терапия*. 2017. Т. 2. № 4. С. 156–160.
12. Середа В.В., Ракитин С.А. и др. «Изменения микробиоты глаз в динамике лечения пациентов с диабетическим макулярным отеком» // *Медицинский альманах*. 2020. Т. 24. № 3. С. 123–127.
13. Ткачев М.В., Клементьев А.В. и др. «Роль микробиоты конъюнктивальной полости при диабетическом макулярном отеке и его лечении» // *Сибирский медицинский журнал*. 2018. Т. 32. № 1. С. 56–61.
14. Усенко Е.Н., Бардаченко Н.Е. и др. «Особенности микробиоты конъюнктивы у пациентов с диабетическим макулярным отеком после оперативного лечения» // *Вестник ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный медицинский университет»*. 2020. Т. 31. № 2. С. 132–138.
15. Щеглова К.А., Юсупов В.И. и др. «Микробиота конъюнктивы и микробное пока ЗВ канала у пациентов с диабетическим макулярным отеком до и после оперативного лечения» // *Офтальмология нашего времени*. 2019. Т. 16. № 2. С. 102–106.

© Якиев Абдулнасир Абдулбасирович (Nasir_95@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

Наши авторы

Abdyusheva A. — Ufa State Petroleum Technical University, Salavat

Ahmedova S. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Akhmetshina E. — Scientific Supervisor, Ufa State Petroleum Technical University, Salavat

Akulenok M. — PhD, Associate Professor, Associate Professor, National Research University MIET, Zelenograd

Alenov A. — FGAO UVO «South Ural State University (NRU)»

Amelyutin E. — Docent, MIREA — Russian Technological University

Asanbaeva A. — Postgraduate student, Kyrgyz state medical academy named after I.K. Akhunbaev

Bakhmeteva Zh. — National Research Mordovia State University

Bakushev A. — Candidate of Medical Sciences, Assistant, Novokuznetsk State Institute for Advanced Training of Physicians — branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Further Professional Education «Russian Medical Academy of Continuing Professional Education» of the Ministry of Health of Russia Novokuznetsk, Russia

Bikbulatov R. — Kazan State Energy University

Bolgov D. — Postgraduate student, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Ministry of Health of the Russian Federation

Borisova O. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazan State Energy University

Borzykh N. — Postgraduate student, RTU MIREA, Moscow

Bugero N. — Doctor of Biological Sciences, Professor, Pskov State University

Burygin V. — Graduate student, St. Petersburg State University of Telecommunications named after prof. M.A. Bonch-Bruevich; Software developer LLC «VK»

Churilov A. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donetsk State Medical University named after M. Gorky» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Churina O. — Phthisiologist, KGBUZ «Nadezhdinskaya Central district Hospital», district Volno-Nadezhdinskoe village

Our authors

Deryugin M. — Graduate student, MIREA — Russian Technological University

Dugusheva V. — Assistant, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko,

Evdokimova I. — Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, East Siberian State University of Technology and Management

Feschenko A. — Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov

Feschenko D. — Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology named after K.I. Scriabin

Figurov M. — Graduate student, I. Kant Baltic Federal University

Fimin A. — Software Engineering Technical Lead Artcom venture GmbH, Germany

Fishchenkov V. — Deputy Chief Physician for Medical Part, Chelyabinsk Emergency Medical Aid Station, Chelyabinsk

Gabaidze D. — Surgeon, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I. M. Sechenov First Moscow state medical university of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), University clinic №1 of the Sechenov University, Moscow

Gabaidze G. — Resident, Federal State Budgetary Institution «National medical research centre of endocrinology» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow

Galdanov G. — East Siberian State University of Technology and Management

Goncharov V. — Electronics Engineer of the 2nd category, St. Petersburg State University of Railways of Emperor Alexander I; SSC RF Central Research Institute of RTK, St. Petersburg

Ignatiadi E. — Chief Designer for Intelligent Control Systems and Robotics, SSC RF Central Research Institute of RTK, St. Petersburg

Ilimbetov R. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, FGAO UVO «South Ural State University (NRU)»

Ilyina N. — Doctor of Biological Sciences, Professor, Pskov State University

Iofina I. — Scientist, Institute of Limnology RAS-FIC RAS

Ishmuratov M. — Resident, Bashkir State Medical University

Ivandikova P. — FGAO UVO «South Ural State University (NRU)»

Jiang Xichun — Lecturer, Heihe University, city Heihe, China

Kalashnikov V. — Postgraduate, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow

Kallaeva K. — Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko

Kalyonova A. — National Research University of Electronic Technology MIET, Zelenograd

Khusainova A. — Associate Professor, Bashkir State Medical University

Klinkovsky A. — Postgraduate student, Pskov State University

Kotova Iu. — Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko

Kudelin A. — PhD, Associate Professor, Ukhta State Technical University

Kutina M. — Head of the therapeutic department of the Clinical Hospital «Russian Railways-Medicine» of the city of Saratov; Postgraduate student, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky of the Ministry of Health of the Russian Federation

Kuznetsov S. — MD, Professor, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Ministry of Health of the Russian Federation

Kuznetsova N. — Associate Professor, Bashkir State Medical University

Ladikov A. — Head of Business Intelligence Platform Development Department, Joint-Stock Company «Kaspersky Lab»

Lavrenyuk V. — Assistant, FGBOU VO «Pacific State Medical University»; Head of the infectious diseases department, infectious disease specialist GBUZ «Regional Clinical Hospital No. 2»; Pulmonologist, CHUZ «Clinical Hospital «RZD-Medicine», Vladivostok

Lobkova V. — Engineer, St. Petersburg Polytechnic University named after Peter the Great; SSC RF Central Research Institute of RTK, St. Petersburg

Luneva M. — Pulmonary therapeutic department, phthisiologist, Primorsky Regional Tuberculosis Dispensary is the head of the 8th, Vladivostok

Luschik M. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko

Lykov S. — Programmer of the 1st category, SSC RF Central Research Institute of RTK, St. Petersburg

Makeeva A. — Candidate of Biological Sciences, assoc., Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko

Makhauri A. — Tver State Medical University

Manoilov A. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «South Ural State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Chelyabinsk

Martynova K. — Tver State Medical University

Maximov V. — Member of the Academy of Interactive and Visual Arts (AIVA), Product designer, TrendTech company, Moscow

Medzhidov S. — Tver State Medical University

Mikhailov M. — Head of Department, SSC RF Central Research Institute of RTK, St. Petersburg

Mirovich E. — Candidate of Medical Sciences, assistant, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donetsk State Medical University named after M. Gorky» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Mirovich Ev. — Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donetsk State Medical University named after M. Gorky» Ministry of Health of the Russian Federation

Mishchuk B. — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Docent, I. Kant Baltic Federal University

Nikolayev V. — FGAO UVO «South Ural State University (NRU)»

Nikonov V. — Senior lecturer, MIREA — Russian Technological University

Novoselova D. — Candidate of physical and mathematical Sciences, teacher, Kuzbass Institute of the FSIN of Russia

Omarov N. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Osinskaya L. — Resident, Bashkir State Medical University

Ostroukhova O. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko

Ostrovsky A. — Programmer, St. Petersburg State Marine Technical University; SSC RF Central Research Institute of RTK, St. Petersburg

Parfentyev K. — Candidate of Technical Sciences, senior lecturer, Moscow State Technical University named after N.E. Bauman (national research university)

Parshina S. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky of the Ministry of Health of the Russian Federation

Pavlova L. — Head of the 10th department with combined pathology of pulmonary tuberculosis and HIV infection, infectious disease specialist, phthisiologist, GBUZ «Primorsky Regional Tuberculosis Dispensary» Vladivostok

Petrenko S. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donetsk State Medical University named after M. Gorky» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Plotnikov V. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazan State Energy University

Ponomarev N. — Ufa State Petroleum Technical University, Salavat

Pozdnyakov V. — Programmer, St. Petersburg Polytechnic University named after Peter the Great; SSC RF Central Research Institute of RTK, St. Petersburg

Puzakova D. — National Research Mordovia State University

Rozin S. — MIREA — Russian Technological University

Rusakov A. — Senior lecturer, MIREA — Russian Technological University

Salnikova A. — Adjunct, Federal State Educational Institution of Higher Education Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Voronezh

Samogin A. — Assistant, MIREA — Russian Technological University

Savelyeva E. — Tver State Medical University

Shen Qi — Lecturer, Heihe University, city Heihe, China

Shishkova V. — Phthisiologist, pulmonologist, State Medical Institution «Primorsky Regional Tuberculosis Dispensary», Vladivostok

Shkolyarenko A. — FGAO UVO «South Ural State University (NRU)»

Simonova M. — MIREA — Russian Technological University

Siprov A. — Grand PhD in Medical sciences, Prof., National Research Mordovia State University

Smolentseva T. — Doctor of Technical Sciences, Professor, RTU MIREA, Moscow

Sokolova N. — Doc of Medical Sciences, Tver State Medical University

Somenkova A. — Chief development engineer Sber, Serbia

Startsev A. — PhD, Associate Professor, Ukhta State Technical University

Stepanov L. — Doctor of Technical Sciences, Professor, Associate Professor, Federal State Educational Institution of Higher Education Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia

Tkachenko M. — Doctor of medical prevention, Voronezh City Polyclinic No. 22

Tulokhonova I. — Associate Professor, Candidate of Pedagogical Sciences, East Siberian State University of Technology and Management

Tyurkin I. — Assistant, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko; Director, Company «New Medical Technologies» LLC

Ulyashev A. — Postgraduate Student, Ukhta State Technical University

Vashurkina I. — PhD in Medical sciences, Assoc. Prof., National Research Mordovia State University

Verezubova N. — Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology named after K.I. Scriabin

Wang Xinyu — Shenyang University of Aeronautics and Astronautics, Shenyang, China

Yakiev A. — Ophthalmologist of Surgut Regional Clinical Hospital

Yao Yan — Professor, Heihe University, city Heihe, China

Zababurin V. — Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, South Russian State Polytechnic University (NPI), them. M.I. Platova, Novocheboksarsk

Zasukhin D. — National Research Mordovia State University

Zhang Bohan — Moscow State Technical University named after N.E. Bauman (national research university)

Zhiganov V. — Postgraduate student, Moscow Innovation University

Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе «Антиплагиат».

За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Редакционная коллегия оста вляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно-практический журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением “.doc”, или “.rtf”, шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускается.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Литература составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные — 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» (e-mail: redaktor@nauteh.ru).