

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 6-2 2024 (ИЮНЬ)

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>

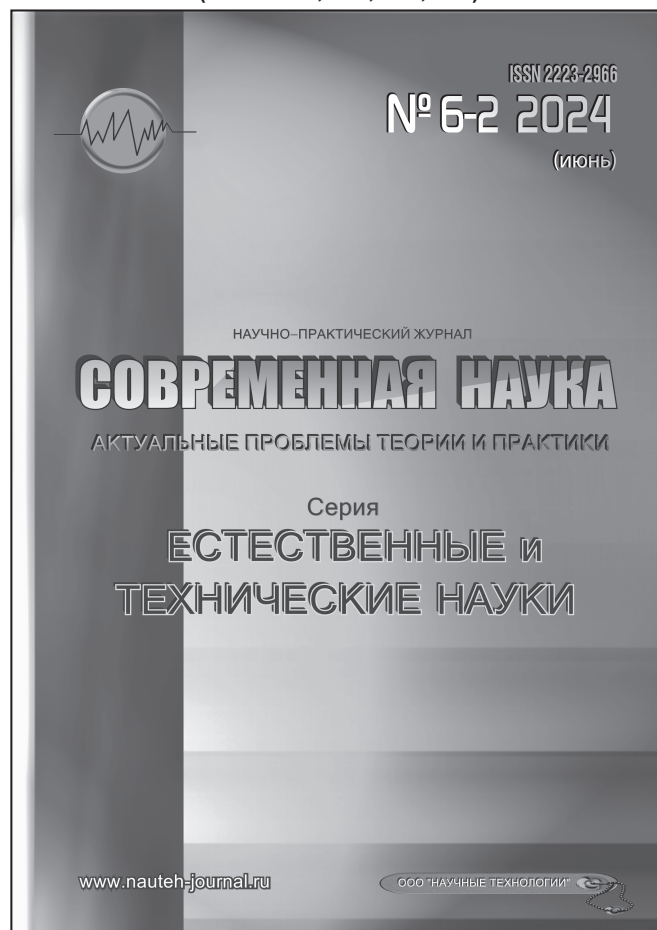
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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 24.06.2024 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. Серикабаева

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

Дружинина О.В., Никитин А.А., Бучельников М.А. — Оценка воздействия русловых карьеров на гидрологические условия участков Оби
Druzhinina O., Nikitin A., Buchelnikov M. — Assessment of the impact of riverbed quarries on the hydrological conditions of the Ob River sections7

Кулиева А.Т., Аббасова М.Т., Гаджиев А.М. — Эффекты пренатального воздействия электромагнитным полем на оксидант-антиоксидантную систему у крыс
Guliyeva A., Abbasova M., Gadzhiev A. — Effects of prenatal exposure to electromagnetic field on the oxidant-antioxidant system in rats13

Петровская И.Ф. — Биоактивные соединения высших грибов и наиболее перспективные из них для разработки противовирусных препаратов
Petrovskaya I. — Bioactive compounds of higher fungi and the most promising of them for the development of antiviral drugs21

Усаева Я.С., Турлова Ф.С., Амлиева Э.М. — Антимикробная активность экстракта имбиря обыкновенного (*Zingiber officinale*), выращенного в лабораторных условиях (in vitro)
Usaeva Ya., Turlova F., Amlieva E. — Antimicrobial activity of ginger extract (*Zingiber officinale*) grown in laboratory conditions (in vitro)26

Хох А.Н., Звягинцев В.Б. — Геоэкологические детерминанты прироста поздней древесины сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях Беларуси
Khokh A., Zvyagintsev V. — Geocological determinants of late timber growth of scotts pine (*Pinus sylvestris* L.) in conditions of Belarus30

Чадова И.Н. — Взаимосвязь микроструктурных показателей церебральных пучков белого вещества с уровнем внимания мальчиков 9–15 лет по данным дМРТ

Chadova I. — The relationship of microstructural parameters of cerebral white matter bundles with the attention of boys aged 9–15 years according to dMRI40

Информатика, вычислительная техника и управление

Абдурахман Д.Д. — Влияние применения искусственного интеллекта на безопасность безналичных платежей
Abdourahman D. — The impact of the application of artificial intelligence on the security of non-cash payments45

Азаренко Н.Ю., Маганков К.С., Рябцев Н.П. — Разработка онлайн-компилятора Python в целях повышения качества онлайн образования
Azarenko N., Magankov K., Ryabtsev N. — Development of an online Python compiler in order to improve the quality of online education50

Архиреев А.В. — Источники и данные для исследования — достоверность научного знания
Arkhireev A. — Sources and data for the study — validity of scientific knowledge55

Аскеров З.Х. — Система поддержки принятия решений на основе обучения с подкреплением для автоматизации процесса одобрения кредитов
Askerov Z. — A decision support system based on reinforcement learning to automate the loan approval process63

Атласов И.В., Плотников Г.Г., Елин В.М., Зарипова Э.Р. — Оценка эффективности работы антивирусных программ по защите информации
Atlasov I., Plotnikov G., Elin V., Zaripova E. — Evaluation of the effectiveness of anti-virus programs to protect information68

Баженов А.Э. — Реализация и внедрение протокола QUIC на устройствах IoT
Bazhenov A. — Implementation and implementation of the QUIC protocol on IoT devices76

- Бирюкова А.А., Карасева А.С., Скалозубов М.Э., Кряжевских В.Д., Халыпин Л.Е., Гуляев Н.П.** — Анализ и проектирование мобильного приложения для поиска интересных мест
Biryukova A., Karaseva A., Skalozubov M., Kryazhevskikh V., Khalyapin L., Gulyaev N. — Analyzing and designing a mobile application for finding interesting places.81
- Бондаренко С.В., Поленок М.В., Азаренко Н.Ю.** — Формирование единой цифровой среды университета путем разработки информационной системы «электронная кафедра»
Bondarenko S., Polenok M., Azarenko N. — Formation of a unified digital environment of the university through the development of an information system «electronic department».....87
- Глинкин М.О., Новоселова О.В.** — Формальное описание графической нотации для представления моделей в целом по методологии автоматизации интеллектуального труда
Glinkin M., Novoselova O. — Formal description of a graphical notation for representing models as a whole for methodology of automation of intellectual labor92
- Горбунов А.Н., Кузнецова М.Н.** — Нейросетевой классификатор автоматической системы обработки документов
Gorbunov A., Kuznetsova M. — Neural network classifier for automatic document processing system97
- Груданов Н.А., Груданова А.А., Зоричев В.В.** — Умный город: цифровая экономика и устойчивое развитие
Grudanov N., Grudanova A., Zorichev V. — Smart city: digital economy and sustainable development ... 101
- Гуриев Р.М., Дзгоев А.Э., Карацев С.Т.** — Разработка алгоритма обработки информации и регрессионных моделей для прогнозирования газопотребления в регионе
Guriev R., Dzgoev A., Karatsev S. — Development of data processing method for modeling and forecasting gas consumption in the region. 107
- Емельянов Е.Г.** — Проблемы и недостатки обработки и загрузки данных средствами IPS Informatica в хранилища данных
Emelyanov E. — Problems and disadvantages and download of data processing using IPS Informatica in data warehouse 114
- Зуева А.Н.** — Автоматизация учета и контроля: применение системного анализа для повышения точности и надежности
Zueva A. — Automation of accounting and control: application of system analysis to improve accuracy and reliability. 118
- Зуева А.Н.** — Комплексный подход к автоматизации предприятий на основе системного анализа
Zueva A. — An integrated approach to enterprise automation based on system analysis 124
- Касымов А.А., Лысенко А.** — Системный подход к классификации больших данных в корпоративных информационных системах
Kasymov A., Lysenko A. — A systematic approach to the classification of big data in corporate information systems 129
- Колесников А.А.** — Модель управления противодействием информационным атакам в киберпространстве
Kolesnikov A. — Model of management for countering information attacks in cyberspace. 134
- Колесников А.А.** — Анализ методов и путей решения защиты информации в информационно-телекоммуникационных системах
Kolesnikov A. — Analysis of methods and ways for solving information protection in information and telecommunication systems 139
- Колмыков Д.А., Логунова Н.Ю.** — Конъюнктурные изменения рынка «систем управления предприятиями» и перспективы развития в рамках пищевой индустрии»
Kolmykov D., Logunova N. — Conjuncture changes in the market of «enterprise management systems» and prospects for development in the food industry .. 144
- Кондрашов Д.Е.** — Ретроспективный анализ методов диагностики печатных плат: от механической до интеллектуальной
Kondrashov D. — Retrospective analysis of diagnostic methods for printed circuit boards: from mechanical to intellectual 150

Кравцов М.В., Орлова Д.Д. — Анализ использования математических моделей для расчета загрязнения почвы нефтешламами
Kravtsov M., Orlova D. — Analysis of the use of mathematical models for calculation of soil pollution by oil sludge 155

Поляков А.Н., Обеленцева А.Ю., Логунова Н.Ю. — Эффективность применения технологий искусственного интеллекта в пищевой промышленности
Polyakov A., Obelentseva A., Logunova N. — The effectiveness of artificial intelligence technologies in the food industry 159

Селин А.А., Блинов В.В., Амелютин Е.В. — Разработка системы обнаружения сетевых атак
Selin A., Blinov V., Amelyutin E. — Development of a network attack detection system 163

Клиническая медицина

Абдульваапова Н.-Ш.Л., Джеппарова С.Р., Балакчина А.И. — DICER-1 как предвестник злокачественности
Abdulvaarova N.-Sh., Dzhapparova S., Balakina A. — DICER-1 as a harbinger of malignancy 170

Анищенко В.В., Норматов Р.М., Ким Д.А., Патрушев П.А. — Реконструктивные операции в бариатрии
Anishchenko V., Normatov R., Kim D., Patrushev P. — Reconstructive operations in bariatrics 174

Богонина О.В., Костригина Е.Д., Смольянинова О.С., Курбатова М.М., Еремеева А.Д., Замятин Ю.М. — Особенности патологии зубочелюстной системы у больных системной красной волчанкой
Bogonina O., Kostrigina E., Smolyaninova O., Kurbatova M., Ereemeeva A., Zamyatin Yu. — Dentoalveolar system pathology features in patients with systemic lupus erythematosus 178

Григорян Н.А., Саргсян Д.Г., Смоляницкая А.И. — Клинический случай. Беременность у пациентки с пароксизмальной ночной гемоглобинурией: диагностика и тактика ведения
Grigoryan N., Sargsyan J., Smolyanitskaya A. — Clinical case. Pregnancy in a patient with paroxysmal nocturnal hemoglobinuria: diagnosis and management tactics 181

Гусенкадиева К.Н., Расулов И.М., Раджабов С.Р. — Конусно-лучевая компьютерная томография для визуализации височно-нижнечелюстного сустава
Gusenkadieva K., Rasulov I., Radzhabov S. — Cone beam computed tomography for visualization of the temporomandibular joint 185

Катман М.А., Яшнова Н.Б., Голикова Д.А. — Изменение показателей системы гемостаза при терапии невралгии тройничного нерва биорегулирующими пептидами
Katman M., Yashnova N., Golikova D. — Changes in the parameters of the hemostatic system in the treatment of trigeminal neuralgia with bioregulatory peptides 189

Пономарев В.В., Коржук А.Ю., Артюшков В.В., Венгеренко М.Э., Григорян Н.С. — Оценка эффективности использования лидазы внутри матки при блокировке шейки матки катетером фoley для лечения фактора бесплодия
Ponomarev V., Korzhuk A., Artyushkov V., Vengerenko M., Grigoryan N. — Evaluation of the effectiveness of using lidase inside the uterus when blocking the cervix with a foley catheter for the treatment of infertility factor 193

Рошчин Е.М. — Инновационные подходы к комплексной реабилитации пациентов с дисфункцией ВНЧС на фоне генерализованной гипермобильности суставов
Roshchin E. — Innovative approaches to the comprehensive rehabilitation of patients with TMJ dysfunction against the background of generalized joint hypermobility 197

Рошчин Е.М. — Персонализированная цифровая ортодонтия: использование 3D-технологий для планирования и прогнозирования результатов лечения
Roshchin E. — Personalized digital orthodontics: using 3D technologies to plan and predict treatment outcomes 203

Тишков Д.С., Шмыгаль И.И. — Отдаленные результаты отбеливания зубов различными методами у пациентов различных возрастных групп
Tishkov D., Shmygal I. — Long-term results of teeth whitening by various methods in patients of different age groups 208

Тотиков З.В., Тотиков В.З., Хубецова Р.А., Тотикова И.Т., Медоев В.В., Казиев Т.Т., Калицова М.В., Миндзаева Е.Г. — Анализ заболеваемости, оперативной активности и летальности у больных с язвенными гастродуоденальными кровотечениями в РСО-Алания в 2019–2023 гг. <i>Totikov Z., Totikov V., Chubetsova R., Totikova I., Medoev V., Kaziev T., Kalitsova M., Mindzaeva E.</i> — Analysis of morbidity, operational activity and mortality in patients with ulcerative gastrointestinal bleeding in the republic of North Ossetia-Alania in 2019–2023	212
Хоробрых Т.В., Баранова М.П., Ван Шовэнь, Хэ Минцзэ, Горбунов А.С., Кулага А.В. — Применение обогащенной тромбоцитами плазмы при онкопластической реконструкции молочной железы: обзор современного состояния и перспектив <i>Khorobrykh T., Baranova M., Wang Shuowen, He Mingze, Gorbunov A., Kulaga A.V.</i> — Use of platelet rich plasma in oncoplastic breast reconstruction: a review of the current state and prospects	216
Цветков Ю.А., Бессонов С.Н. — Ортопедические аспекты дентальной имплантации при аугментации костной ткани альвеолярного отростка (части) челюсти методом аутопластики и направленной костной регенерации <i>Tsvetkov Yu., Bessonov S.N.</i> — Orthopedic aspects of dental implantation during bone augmentation of the alveolar process (part) of the jaw by autoplasty and directed bone regeneration	224
Наши авторы	228

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ РУСЛОВЫХ КАРЬЕРОВ НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ УЧАСТКОВ ОБИ

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF RIVERBED QUARRIES ON THE HYDROLOGICAL CONDITIONS OF THE OB RIVER SECTIONS

**O. Druzhinina
A. Nikitin
M. Buchelnikov**

Summary. The article discusses the impact of the development of riverbed and floodplain quarries on the hydroecological state of the floodplain and riverbeds (using the example of the Ob River). The purpose of the research was a preliminary assessment of existing developed and promising sand deposits in the upper and middle reaches of one of the largest Siberian rivers. Data on 17 sand deposits were collected and analyzed, for each of them the location was determined with reference to the mileage of pilot maps, mineral reserves, licensed and existing annual production volumes, as well as potentially possible measures (mainly the construction of compensating protective and other auxiliary structures), the implementation of which should prevent a change in the hydrological regime of the site the river where the field under development is located. It has been established that 8 of the 17 deposits have not been constructed, 4 are in the design stage, 1 can have only a slight positive effect, 3 have been partially erected and 1 have been completely erected. In the current situation, it seems very likely that a number of changes in the parameters of the riverbed and flow in places of sand extraction: decrease in water levels, change in the water content of the sleeves, erosion of the shores. In order to avoid negative consequences of the exploitation of deposits, it is necessary to complete the envisaged measures and determine the program of hydroecological observations.

Keywords: river sand, non-metallic minerals, Ob River, man-made impact, ecology, quarry, minerals.

Дружинина Ольга Владимировна

Аспирант, Сибирский государственный университет
водного транспорта, г. Новосибирск
odruzhinina@mail.ru

Никитин Александр Анатольевич

Аспирант, Сибирский государственный университет
водного транспорта, г. Новосибирск
antonsever80@mail.ru

Бучельников Михаил Александрович

Доцент, Сибирский государственный университет
водного транспорта, г. Новосибирск
nsk3000@rambler.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы влияния разработки русловых и пойменных карьеров на гидроэкологическое состояние поймы и русел рек (на примере р. Оби). Целью исследований стала предварительная оценка существующих разрабатываемых и перспективных месторождений песка в верхнем и среднем течении реки одной из крупнейших сибирских рек. Собраны и проанализированы данные по 17 месторождениям песка, для каждого из них определены местоположение с привязкой к километражу лоцманских карт, запасы полезного ископаемого, лицензионный и существующий годовой объемы добычи, а также — потенциально возможные мероприятия (в основном — возведение компенсирующих защитных и иных вспомогательных сооружений), осуществление которых должно предотвратить изменение гидрологического режима участка реки, на котором находится разрабатываемое месторождение. Установлено, что на 8 из 17 месторождений таковые сооружения не возведены, на 4 — находятся в стадии проектирования, на 1 — могут оказывать только незначительное положительное влияние, на 3 — возведены частично и на 1 — возведены полностью. В сложившейся ситуации представляется весьма вероятным целый ряд изменений параметров русла и потока в местах добычи песка: снижение уровней воды, изменение водности рукавов, размыв берегов. Во избежание негативных последствий эксплуатации месторождений необходимо завершить предусмотренные мероприятия и определить программу гидроэкологических наблюдений.

Ключевые слова: речной песок, нерудные полезные ископаемые, река Обь, техногенное воздействие, экология, карьер, полезные ископаемые.

Введение

Песок является вторым по объему потребления ресурсом (после воды) и несмотря на его кажущееся обилие, в некоторых отраслях и регионах может возникнуть дефицит данного материала. При всем многообразии песка в мире, подавляющее большинство не подходит для использования в строительном бетоне, который на 25 % состоит из песка. Так, громадные запасы песка в пустыне почти не пригодны для стройки из-за округлой формы зерна, их плохого сцепления и недостаточной прочности получаемого бетона.

В прибрежном песке очень много соли, что отрицательно влияет на характеристики устойчивости, даже тщательная промывка не может полностью устранить все возможные риски. Очень велика вероятность образования трещин при внешнем воздействии (например, во время природных катаклизмов).

Поэтому только речной песок считается идеальным вариантом для строительства. Его зерна имеют более прочную связь с другими компонентами бетона за счет угловатой формы. Всемирный строительный бум привел к громадным масштабам добычи речного песка.

Песок используется не только при строительстве домов, шоссе. Мелкий речной песок необходим при производстве стекла, а для солнечных панелей и микрочипов используется мельчайший. С такими стремительными темпами спроса речной песок уже в ближайшее время может оказаться в дефиците.

Залежи речного песка характерны для Новосибирской области: рыхлые осадки в огромных количествах сносились с континента в пресноводный Западно-Сибирский бассейн. Разведка месторождений продолжается: геологи находят большие запасы полезных ископаемых на левом берегу рек Обь и в центральных областях региона.

География расположения месторождений песка и иных нерудных полезных ископаемых (строительно-го, облицовочного камня, песчано-гравийной смеси) очень обширна. Некоторые карьеры (например, карьер Мочищенский и карьер Борок) расположены в черте Новосибирской агломерации. Это позволяет производить добычу с минимальными транспортными издержками, но и накладывает определенные обязательства в плане охраны окружающей среды. В карьерах Борок и Мочищенский производят добычу песка, гранитов и окружающих их роговиков для производства щебня. Большие запасы речного песка, добываются в карьерах, на левом берегу Оби, а также в западной части Новосибирского района. Мелкий речной песок, пригодный для производства стекла, разведали и добывают в Искитимском и Ордынском районах [6].

Активная и бесконтрольная выемка песка в пойменных и русловых карьерах приводит к изменению гидрологических условий на перекатных участках (снижение уровня воды, изменение глубин, перераспределение потоков на многорукавных участках и т.д.) и к целому ряду иных изменений в гидрологии и гидроэкологии региона. Этой комплексной гидроэкологической проблеме уделяется значительное внимание в ряде работ отечественных исследователей [1, 5, 7, 8, 9, 10].

Учитывая вышеизложенное, целью данной работы стала предварительная оценка существующих разрабатываемых и перспективных месторождений песка в верхнем и среднем течении реки одной из крупнейших сибирских рек. Для ее достижения решены следующие задачи:

- проведен предварительный учет разрабатываемых месторождений речного аллювия;
- оценены их запасы, лицензионный и годовой объем добычи;
- проанализированы мероприятия, призванные снизить воздействие имеющихся карьеров на гидрологию реки.

Материалы и методы

Исходными данными послужила информация, предоставленная Федеральным бюджетным учреждением «Обское государственное управление водных путей и судоходства», осуществляющее дноуглубительные, выправительные, тральные, дноочистительные, изыскательские работы по устройству и содержанию средств навигационного оборудования на внутренних водных путях. Также использовались лоцманские карты р. Обь, фондовые материалы по месторождениям нерудных полезных ископаемых в пойме Оби, геоинформационные системы открытого доступа, материалы русловых изысканий, проводимых сотрудниками Сибирского государственного университета водного транспорта (г. Новосибирск).

Оценка возможного воздействия русловых и пойменных карьеров производилась на основании экспертных оценок и гидрологических расчетов, используемых для определения степени техногенного влияния на систему поток-русло [2, 3, 4, 5].

Результаты и их обсуждение

Согласно имеющимся данным, на реке Обь разрабатываются или планируются к разработке 17 месторождений нерудных строительных материалов (преимущественно — песка). Их общие запасы оцениваются в 55,8 млн т, годовая добыча — 2,2 млн т. Информация о них сведена в таблицу 1.

Количество разрабатываемых месторождений, объемы годовой добычи не являются постоянными величинами и могут меняться от года к году в зависимости от хозяйственных потребностей, финансовых и технических возможностей компаний, осуществляющих данный вид деятельности.

Для каждого карьера определено местоположение с привязкой к километражу лоцманских карт что важно для соотнесения его с навигационной обстановкой. Также определены запасы полезного ископаемого, лицензионный и существующий годовой объемы добычи.

Важной информацией выступает перечень потенциально возможных для каждого карьера мероприятий (в основном — возведение компенсирующих защитных и иных вспомогательных сооружений), осуществление которых должно предотвратить изменение гидрологического режима участка реки, на котором находится разрабатываемое месторождение. Установлено, что на 8 из 17 месторождений таковые сооружения не возведены, на 4 — находятся в стадии проектирования, на 1 — могут оказывать только незначительное положительное влияние, на 3 — возведены частично и на 1 — возведены полностью.

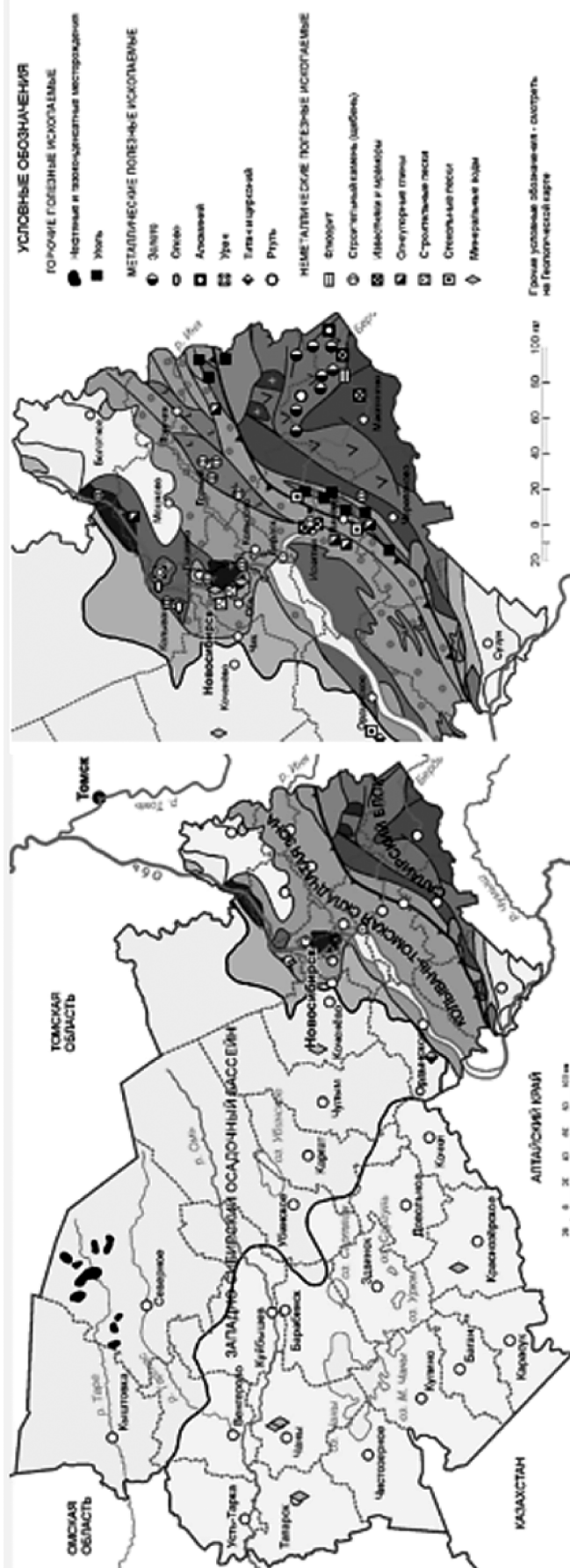


Рис. 1. Схема размещения месторождений полезных ископаемых на территории Новосибирской области

Карьеры нерудных строительных материалов на реке Обь

№ п/п	Название карьера	Запасы, лицензионный годовой объем добычи	Компенсирующие защитные и иные вспомогательные сооружения
Река Обь			
1	«Восточный-1»	Категория песка C_2 , запас (возобновляемый) — 163,5 тыс. м ³ . В годовом объеме — 60 тыс. м ³ . Объем добычи (общий) материалов строительных на «Восточный-1» — 840 тысяч м ³ (за 14 лет)	Проектный транспортный съезд для вывоза песка из карьера возводится ежегодно и подлежит разбору до начала периода навигации.
2	«Восточный-3»	Запас (возобновляемый) — 300 тыс. м ³ . В годовом объеме — 132 тыс. м ³ . Объем добычи (общий) песков строительных «Восточный-3» — 1320,0 тысяч м ³ (за 10 лет)	Не установлены
3	«Мягчихинское»	Категория C_1 — 2303,941 тыс. м ³ В годовом объеме — 200 тыс. м ³ (в соответствии с проектом)	Не установлены
4	Духовое	Категория песка C_1 — 6111,7 тысяч м ³ и C_2 — 1387 тысяч м ³ . Запасы балансовые (разведанные) C_1 — 1060,5 тысяч м ³ . Предусмотрена отработка для карьера песка строительного (категория C_1) в соответствии с контурами утвержденных запасов балансовых (1 очередь). В годовом объеме — 50 тысяч м ³ .	Не установлены
5	«Остров Песчаный»	Запас промышленный — 21986 тысяч м ³ . В годовом объеме — 500 тысяч м ³ .	Построенные дамбы между о.Рыбачий — о.Кустарь и о. устьрь — о.Безымянный
6	«Чаус-2»	Запасы (промышленные) — 1070 тысяч м ³ . В годовом объеме — 150 тысяч м ³ .	Введена в эксплуатацию дамба компенсирующая на 746,0 км
7	«Чаус-1»	Запасы (промышленные) — 588,9 тысяч м ³ . В годовом объеме — 100 тысяч м ³ .	Не установлены
8	«Остров Казачий»	Запасы (промышленные) — 2002 тыс. м ³ . В годовом объеме не менее 200 тысяч м ³ .	Не установлены.
9	«Калугинское»	В 2010 г. произведена добыча 244,8 тысяч м ³	Не установлены
10	«Орское»	Запас — 2100 тысяч м ³ . В годовом объеме не менее 200 тысяч м ³ .	Необходимые мероприятия. Возведение дамбы продольной в 980 метров и с отметкой гребня в 88,4 метра проводится во вторую очередь, по окончании строительства шпоры, не позднее третьего года выработки. На данное время строительство шпоры струнаправляющей весеннего регулирования не выполнено.
11	«Серебряковское»	Запасы (промышленные) — 5196,1 тысяч м ³ . В годовом объеме 200 тысяч м ³ .	Не установлены
12	«Остров Абрашкин»	Запасы (промышленные) — 1097 тысяч м ³ . В годовом объеме — 50 тысяч м ³ .	Не установлены
13	«Почтовое»	Нет данных по эксплуатации	Не установлены
14	«Таловское»	Запас — 2730 тысяч м ³ . В годовом объеме — 150 тысяч м ³ .	Не установлены
15	«Белоярский»	Запас — 2990 тысяч м ³ . В годовом объеме — 100 тысяч м ³ .	Не установлены
16	«Умревинское»	Запас — 5238 тысяч м ³ : песок — 3664 тысяч м ³ , ПГС — 1574 тысяч м ³	Не установлены
17	«Верхний Светлокурманский»	По категории C_1 , запасы общие (балансовые) — 499,84 тысяч м ³ . В годовом объеме — 50 тысяч м ³	Не установлены

Вопрос о влиянии каждого конкретного карьера на уровень воды на прилегающих перекатных участках требует дальнейшего изучения. Уровненный режим воды Оби достаточно изменчив, так по данным ФГБУ «Западно-Сибирского УГМС» на 17.03.2024 уровень воды в реке Обь в Новосибирская ГЭС (нижний бьеф) составлял –50 см и при сравнении с уровнем, наблюдавшимся в 2020–2023 годах, в 2024 году он существенно иной (рис. 2).

Учитывая опыт расчетов [1, 2, 7], проводившихся в аналогичных случаях, в сложившейся ситуации представляется весьма вероятным целый ряд изменений параметров русла и потока в местах добычи песка: снижение уровней воды, изменение водности рукавов, размыв берегов. Во избежание негативных последствий эксплуатации месторождений необходимо завершить предусмотренные мероприятия и определить программу гидроэкологических наблюдений.

Необходимо отметить, что негативное влияние карьеров не ограничивается воздействием на водный режим реки. Так, следствием масштабной добычи, может стать ухудшение качества воды, нарушение снабжения окружающих угодий влагой, ухудшения условий обитания гидробионтов, затруднение доступа рыбам к местам нереста. Серьезный вред может быть нанесен и береговой линии, местам рекреации, а также подземным водным горизонтам.

Особую отрицательную роль играет и незаконная, не поддающаяся учету, добыча речного песка: организация проверки каждого километра реки трудна (не хватает нужного количества инспекторов, она приводит к значительным затратам на содержание штата и техническое оснащение). Компании, юридические и физические

лица, не имеющие установленных законодательством разрешений на добычу полезных ископаемых, производят работы с помощью нескольких единиц техники, в кратчайшее время, разумеется, без реализации природоохранных мероприятий.

Очевидно, что для устранения этого, на федеральном уровне необходимо построить систему, которая позволит отслеживать незаконные места добычи и вовремя реагировать соответствующим способом.

Еще один способ минимизировать случаи нелегальной добычи речного песка является контроль за происхождением ресурсов, которые покупают компании для строительства. Например, создать систему, с помощью которой, можно было бы отследить, на каком участке была произведена добыча песка.

Также на помощь природе могут прийти инновационные разработки строительного сектора: эффективной мерой может быть использование вместо песка при производстве бетона мелкой крошки, полученной после переработки пластиковых или резиновых отходов [11, 12].

Выводы

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. На ряде участков Верхней и Средней Оби, в русловых и пойменных карьерах, производится достаточно активная добыча речного песка и ряда других материалов, применяемых в различных отраслях хозяйства (преимущественно — в строительстве).
2. Русловые карьеры, в их существующем виде могут оказывать влияние на гидрологические усло-

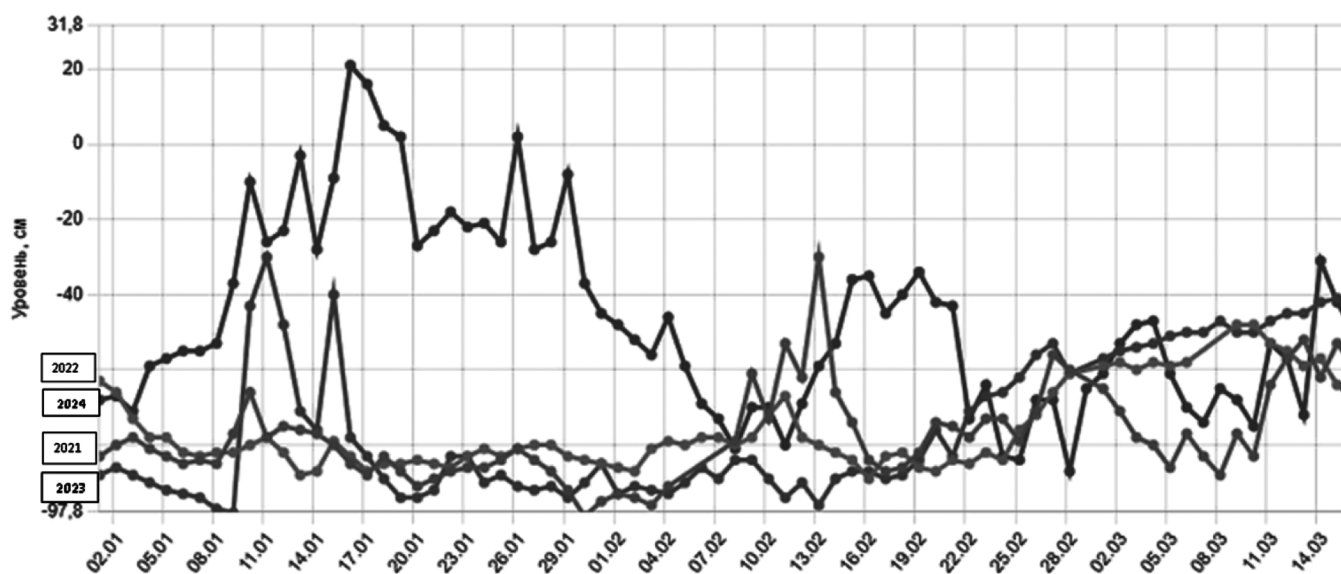


Рис. 2. График уровня воды. р.Обь, Новосибирская ГЭС (нижний бьеф)

вия тех участков, на которых они расположены, однако, такое влияние должно оцениваться индивидуально для каждого карьера и учитывать комплексность использования реки.

3. Мероприятия по предотвращению негативного влияния на гидрологию предусматривают возведение защитных дамб и шпор для руслонаправления на многорукавных участках у приверхов островов.
4. Вышеупомянутые мероприятия реализованы не в полном объеме: ими не охвачены более 50 % ка-

рьеров, иные — охвачены частично, что может привести к снижению уровней на прилегающих участках.

5. Необходимо реализовать мероприятия, предусмотренные проектами в полном объеме, организовать строгий контроль за проведением добычных работ и периодический мониторинг ряда гидрологических показателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беркович К.М., Злотина Л.В., Турыкин Л.А. Разработка русловых карьеров в подвижных руслах рек: реакция, последствия и перспективы/ Известия Русского географического общества. 2023. Т. 155. № 1. С. 13–20.
2. Бик Ю.И., Бучельников М.А., Кофеева В.Н. Изменение гидрологических условий на сложном участке реки под воздействием встречной шпоры Гидравлика и гидромеханика гидротехнических сооружений: сборник материалов научно-практической конференции / под ред. К.П. Моргунова. — СПб.: ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова, 2023. с. 170–175
3. Бик Ю.И., Бучельников М.А., Кофеева В.Н., Бобыльская В.А., Лещенко С.И., Приданова О.В., Кофеев В.Н. Антропогенные изменения береговой линии реки Обь в пределах города Новосибирска (1984–2020 годы)// Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2023. № 2. С. 153–158.
4. Бик Ю.И., Бучельников М.А., Кофеева В.Н. Бобыльская В.А. Оценка техногенной нагрузки по интенсивности дноуглубительных работ на перекатных участках реки Обь// Научные проблемы водного транспорта/Russian Journal of Water Transport №71 (2), 2022 С.213–224 DOI: 10.37890/jwt.vi71.265.
5. Васильева Д.И., Селямина О.А. Проблемы разработки русловых карьеров (на примере винновского месторождения) В сборнике: Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Сборник статей 77-ой всероссийской научно-технической конференции. Под редакцией М.В. Шувалова, А.А. Пищулева, В.Ю. Алпатов. 2020. С. 283–291.
6. Вишневский, А.В. // Полезные ископаемые Новосибирской области // Элнетронный ресурс, URL.: <https://www.igm.nsc.ru/index.php/obrazov/geologiyadlya-detej-i-lyubitelej/materials-of-the-seminar>, дата обращения 30.04.2024 г.
7. Земцов В.А., Вершинин Д.А., Инишев Н.Г. Добыча нерудных строительных материалов в русле и пойме Томи и проблема оценки воздействия на окружающую среду / В сборнике: Экология пойм сибирских рек и Арктики труды II совещания. Институт оптики атмосферы СО РАН, Международный центр по физике окружающей среды и экологии ТНЦ СО РАН, Томский государственный университет. 2000. С. 367–373.
8. Чалов Р.С., Павлушкин С.В., Рулева С.Н. Техногенные воздействия на р. Обь в пределах новосибирской агломерации и их влияние на русловые процессы и состояние водного пути В сборнике: Водные пути и русловые процессы. Гидротехнические сооружения водных путей. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. Под редакцией проф. Г.Л. Гладкова, К.П. Моргунова. Санкт-Петербург, 2021. С. 29–39.
9. Чалов, Р.С., Чернов, А.В., Михайлова, Н.М. Опасность русловых процессов на реках России: критерии оценки, картографирование, региональный анализ. Географический вестник = Geographical Bulletin, (1(56)), 53–67. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2021-1-53-67>, дата обращения 29.04.2024 г.
10. Чалов, Р.С., Куракова, А.А., Завадский, А.С., Камышев, А.А. Меандрирование русла и формирование разветвлений на нижнем иртыше (от г. Омска до слияния с р. Тобол). Географический вестник=Geographical Bulletin, (1(64)), 100–115. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2023-1-100-115>, дата обращения 29.04.2024 г.

© Дружинина Ольга Владимировна (Odruzhinina@mail.ru); Никитин Александр Анатольевич (antonsever80@mail.ru);

Бучельников Михаил Александрович (nsk3000@ Rambler.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭФФЕКТЫ ПРЕНАТАЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ НА ОКСИДАНТ-АНТИОКСИДАНТНУЮ СИСТЕМУ У КРЫС

EFFECTS OF PRENATAL EXPOSURE TO ELECTROMAGNETIC FIELD ON THE OXIDANT-ANTIOXIDANT SYSTEM IN RATS

**A. Guliyeva
M. Abbasova
A. Gadzhiev**

Summary. The article presents data on changes in the level of lipid peroxidation (POL) product malondialdehyde (MDA) and the activity of catalase and superoxide dismutase enzymes in blood of 20— and 30-day-old rats exposed in utero to 460 MHz electromagnetic field in different periods of prenatal development. In 20-day-old rats, it has been shown that MDA level in erythrocytes is reduced for EMF exposure in the embryonic and prefetal periods, on the contrary, it is increased for exposition in fetal period. As for the activity of antioxidant enzymes, if irradiation in the embryonic period of development leads to an increase in the basic activity of both catalase and superoxide dismutase, then during irradiation in subsequent periods, a wavy nature of changes in activity is observed. So, if there is a slight increase in activity for SOD during the prefetal period of irradiation, then for catalase activity there is a significant decrease in activity during irradiation in the fetal period. Although by the age of 30 days in rats, the level of MDA in the blood shows a slightly elevated level when irradiated in all 3 periods of prenatal life, catalase activity is excessive for cases with irradiation in the embryonic and prefetal periods, while SOD activity is deficient for the prefetal period exposure. The observation of increased LPO activity and disturbances in the balance of antioxidant protection in blood under the influence of an ultra-high frequency electromagnetic field can be considered as a manifestation of prenatal stress syndrome. The corresponding changes in erythrocytes in early ontogenesis may be due to the relative immaturity of individual components of the enzymatic antioxidant system. The obtained data can be useful in studies of mechanisms of adaptation to changes in the external environment and possible causes of a number of hemolytic conditions in young children.

Keywords: electromagnetic field, rats, prenatal development, catalase, superoxide dismutase.

Введение

Электромагнитные поля (ЭМП) распространяются множественными природными и искусственными источниками, имеющими важное значение в жизнедеятельности человека. В мире несколько миллиардов людей подвергаются влиянию ЭМП различных

Кулиева Айнур Теймур кызы
научный сотрудник, Институт физиологии
имени академика Абдуллы Караева Министерства
Науки и Образования Азербайджанской Республики
aqliyeva@icloud.com

Аббасова Мушкунуз Тахир кызы
кандидат биологически х наук, доцент,
ведущий научный сотрудник, Институт физиологии
имени академика Абдуллы Караева Министерства
Науки и Образования Азербайджанской Республики
biokimyа_65@mail.ru

Гаджиев Ахмед Магомед оглы
доктор физико-математических наук, профессор,
заведующий Лабораторией радиационной физиологии,
Институт физиологии имени академика Абдуллы
Караева Министерства Науки и Образования
Азербайджанской Республики
ahmed.hajiyev@yandex.com

Аннотация. Приводятся данные об изменениях содержания продукта перекисного окисления липидов малонового диальдегида (МДА) и активности ферментов каталазы и супероксиддисмутазы в крови у крысят 20 и 30-дневного возраста, подвергшихся воздействию электромагнитных волн дециметрового диапазона в разные периоды пренатального развития. Показано, что у 20-дневных крысят содержание МДА в эритроцитах понижено при облучении в зародышевый период, повышено при облучении в плодный период. Облучение в зародышевый период развития приводит к повышению активности, как каталазы, так и супероксиддисмутазы. В предплодный период облучения для СОД наблюдается некоторое повышение активности, для каталазы же обнаруживается достоверное снижение при облучении в плодном периоде. К 30-дневному возрасту у крыс уровень МДА в крови показывает повышенный уровень при облучении во всех 3-х периодах, а активность каталазы избыточна для случаев с облучением в зародышевый и предплодный периоды, при этом активность СОД дефицитна для предплодного периода. Эти изменения в эритроцитах в раннем онтогенезе может быть связано с относительной незрелостью отдельных компонентов ферментативной антиоксидантной системы.

Ключевые слова: электромагнитные волны, крысы, пренатальное развитие, каталаза, супероксиддисмутаза.

частот и интенсивностей, причем большинство из них делает это осознанно [1]. В современном мире люди обречены жить всю жизнь в насыщенном электромагнитном окружении, следовательно, изучение изменений и вредных воздействий ЭМП в биосистемах представляет собой важнейшую тему для научных исследований [2].

В статье нами будут рассмотрены биофизические и биохимические механизмы последствий электромагнитного облучения при беременности, проявляемых в постнатальном развитии в оксидант-антиоксидантной системе организма. Известно, что дециметровые волны, проникая в среднем на глубину 9 см, влияют непосредственно на глубоко расположенные органы и ткани. В результате образовавшегося тепла или физико-химических изменений в тканях активизируются местный метаболизм, микроциркуляция, изменяются содержание биологически активных веществ (гистамин, серотонин и др.). Это ведет к раздражению рецепторов, находящихся в зоне воздействия.

Непродолжительное влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения сопровождается изменением биохимических и физиологических параметров клетки, ассоциированных с молекулярными нарушениями трансмембранных механизмов переноса ионов с последующим повреждением антиоксидантной системы и нарушением клеточной проницаемости [3,4].

В период физиологически протекающей беременности под действием ЭМП РЧ развиваются компенсаторно-приспособительные реакции: повышается число лейкоцитов и эритроцитов в периферической крови, изменяется масса кроветворных органов (масса тимуса — снижается; масса селезенки — увеличивается), что сопровождается снижением ядерных клеток в селезенке и увеличением бластных клеток в тимусе [5]. Также показано, что под воздействием излучения системы мобильной связи у беременных животных происходит окислительная деструкция печени в результате усиления производства свободных радикалов, которые вызывают перекисное окисление липидов и окислительное повреждение ДНК [6].

Свободнорадикальное окисление ДНК приводит к повышению уровня 8-OHdG, который является биомаркером повреждения ДНК. Возникающие мутации в молекуле ДНК могут передаваться из поколения в поколение, что воспринимается как самая серьезная угроза процессу репродукции, потому что мать и плод наиболее чувствительны к воздействию электромагнитных волн в этот период. Повреждение ДНК и возможные мутации могут привести к повреждению плода, к аномалиям плода или к врожденным порокам развития при родах [7,8]. Воздействие РЧ ЭМИ может изменить процессы метилирования ДНК, модификацию гистоновых белков, формирования хроматина и микро-РНК, что, в конечном итоге, может привести и к эпигенетическим изменениям потомства.

Избыточному образованию АФК противостоит система антиокислительной защиты (АОЗ), ведущим звеном которой являются антиоксиданты — соединения, спо-

собные тормозить или снижать интенсивность свободнорадикального окисления, нейтрализовать свободные радикалы [9]. Важнейшей линией защиты от АФК и других свободных радикалов у клеток составляют антиоксидантные ферменты, которые ингибируют ПОЛ на этапе его инициации [10]. Так, супероксиддисмутаза (СОД; КФ 1.15.1.1) инактивирует супероксиданионрадикал, субстратами действия каталазы (КТ; КФ 1.11.1.6) являются перекись водорода и гидроперекиси липидов [11--13].

Несмотря на то, что в научной литературе по электромагнитной биологии изобилуют работы по влиянию ЭМП на моделях животных, однако воздействию РЧ ЭМП на беременность и развитие плода уделялось мало внимания, а имеющиеся немногочисленные исследования указывают на возможные негативные последствия для здоровья беременных, эмбриона и плода.

Целью настоящей работы было выявление характера изменений интенсивности перекисного окисления липидов и активности антиоксидантных ферментов в крови у молодых развивающихся крыс, подвергавшихся облучению ультравысококачественным ЭМП в различные периоды пренатального развития.

Методы исследования

Объекты исследования. Эксперименты проводили на 20— и 30-дневных крысятах, рожденных от самок (линии Вистар), которые облучались в различные периоды беременности. Для облучения использовали аппарат «Волна-2» (Россия). Это устройство обычно используется для физиотерапии в клиниках и представляет собой ламповый генератор ЭМИ, позволяющий в терапевтических целях осуществлять дозированное воздействие на пациента электромагнитным полем с частотой 460 МГц ($\pm 1\%$) в дециметровом диапазоне длин волн (65 см). Облучение проводилось в камере размера 110x100x100см с боковыми стенками с металлической сеткой при плотности потока мощности — 30 мкВт/см² (при выходной мощности аппарата 60 Вт). Плотность потока мощности излучения определялась на основе выходной мощности излучателя. Расчеты ППМ проводились по формуле

$$I = \frac{\Delta W}{S \Delta t}$$

где ΔW — электромагнитная энергия, переносимая волной за время Δt через перпендикулярную лучам поверхность площадью S .

Усредненное по всему телу облучаемой крысы значение удельного коэффициента поглощения электромагнитной энергии (SAR) был оценен расчетным путем и составлял 15 мВт/кг. Значение SAR определялось путем расчета изменения температуры жидкости, имитирующей биологическую ткань. Расчеты проводились

по формуле, основанной на математической модели Пеннеса [14]

$$SAR = \frac{dT}{dt} = \frac{C \times \Delta T}{\Delta t}$$

Где C — коэффициент теплоемкости (Дж/кг/град), ΔT — увеличение температуры в °C, Δt — время воздействия облучения. Облучение проводилось ежедневно в течение 20 мин в зародышевом (1–6 дни беременности), предплодном (7–16 дни беременности) и плодном (17–21 дни беременности) периоды пренатального развития. Каждая возрастная группа состояла из 3-х подгрупп (по 10 крысят в каждой), соотносящихся к 3-м периодам облучения во время внутриутробного развития. В качестве контроля для каждой подгруппы брались крысята соответствующих возрастов из потомства интактных самок, содержащихся в тех же условиях вивария, что и экспериментальные крысы, со свободным доступом к воде и пище.

Опыты на животных проводились в соответствии с этическими нормами, изложенными в Женевской конвенции «International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals» (Geneva, 1990 г.), протокол эксперимента был одобрен местным комитетом по этике экспериментов на животных (2017, протокол № 4).

Подготовка биологического материала

Кровь для исследования брали в процессе декапитации крыс. При декапитации использовали наркоз — внутрибрюшинное введение нембутала (35 мг/кг веса). В качестве антикоагулянта использовали раствор, содержащий 1,34 % оксалата натрия и 3,8 % цитрата натрия. Кровь центрифугировали при 3000 об/мин в течение 10 мин, после удаляли плазму. Эритроциты отмывали холодным физиологическим раствором, затем гемолизовали дистиллированной водой.

Определение концентрации малонового диальдегида

Содержание малонового диальдегида в эритроцитах определяли по методу Суплотова и Барковой (1986) [15]. Для исследования 0,1 мл отмывых эритроцитов гемолизовали 2,0 мл дистиллированной воды. После этого добавляли 1,0 мл 17 % трихлоруксусной кислоты, 1,0 мл 0,8 % раствора 2-тиобарбитуровой кислоты и нагревали в кипящей водяной бане 10 мин. Центрифугирование проводили в течение 10 мин при 3000 об/мин. В контрольную пробу вместо эритроцитов вносили 0,1 мл дистиллированной воды. Оптическую плотность окрашенного продукта измеряли при длине волны $\lambda=540$ нм на спектрофотометре Spekol-221 в кювете толщиной 1 см против контрольной пробы. Расчет проводили с учетом коэффициента молярной экстинкции МДА равной $1,56 \cdot 10^5$ М по формуле:

$$A = \frac{E_0 \cdot 10^6}{1,56 \cdot 10^5 \cdot 0,1 \text{ ml}} = E_0 \cdot 64,1,$$

где A — содержание МДА в нмоль/мл; E_0 — оптическая плотность опытной пробы; 0,1 мл — объем эритроцитарной массы

Определение активности каталазы в эритроцитах

Расчет проводили с учетом коэффициента молярной экстинкции МДА равной 1, 56.

Активность каталазы определяли с использованием метода А.М. Горячковского [16]. Принцип метода основан на том, что перекись водорода образует с молибденом перекисные соединения желтой окраски, интенсивность которой зависит от количества перекиси водорода в растворе неразрушенной каталазой, то есть от активности каталазы в пробе. Для исследования используют гемолизат эритроцитов, который готовят из соотношения 0,1 мл отмывых эритроцитов и 4,9 мл дистиллированной воды. В опытную и контрольную пробы добавляют по 2 мл 0,3 % раствора перекиси водорода, в опытную — 0,01 мл гемолизата, в контрольную — 0,01 мл дистиллированной воды. В каждую пробу добавляют по 1 мл 4 % раствора молибдата натрия, перемешивают и сразу измеряют экстинкцию при $\lambda=410$ нм в кювете 10 мм против воды.

Расчет активности производили по формуле:

$$K(\%) = \frac{(E_k - E_0)}{E_k} \cdot 100,$$

где $K(\%)$ — активность каталазы, E_k и E_0 — экстинкции, соответственно, контрольной и опытной проб.

Определение супероксиддисмутазы в эритроцитах

Измерение активности фермента супероксиддисмутазы осуществляли с помощью модифицированной версии метода, предложенного Дубининой и др. [17]. Принцип метода основан на восстановлении нитротетразольного синего супероксидными радикалами, образующимися при реакции феназинметасульфата с восстановленной формой никотинамидадениндинуклеотида. Поскольку образование нитрофармазана, продукта восстановления нитротетразолия, блокируется наличием в пробе СОД, на основании количества нитрофармазана судили об активности СОД. Контрольную и опытную пробы колориметрировали при $\lambda=540$ нм в 10 мм кювете против воды. Расчет активности СОД производили по формуле:

$$\text{СОД}(\%) = \frac{(E_k - E_0)}{E_k} \cdot 100,$$

где СОД(%) — активность СОД, E_k и E_0 — экстинкции, соответственно, контрольной и опытной проб.

Статистические методы

Для статистического анализа данных использовали пакет программ SPSS для Windows версии 22.0. Для проверки соответствия данных для изучаемых групп нормальному распределению использовали тест Шапиро-Уилки. Различия между контрольными и экспериментальными значениями измерений проверяли с помощью *t*-критерия для парных выборок. Статистически обработанные численные результаты приведены в виде «средние значения \pm стандартная ошибка». Уровень вероятности различий между группами $p < 0.05$ был принят как статистически достоверный.

Результаты исследования

У развивающегося организма высокий уровень окислительных процессов и энергетического метаболизма сопровождается образованием дополнительного количества активных форм кислорода. Здесь важнейшей задачей антиоксидантной системы является поддержание стабильности концентрации активных форм кислорода, которые участвует в таких жизненно важных процессах, как пролиферация и дифференциация клеток. При недостатке антиоксидантов в организме развивается окислительный стресс, происходят сдвиги в прооксидант-антиоксидантной системе. Следовательно, важны знания о количественных изменениях продуктов перекисного окисления липидов, активности ферментов каталазы и супероксиддисмутазы в эритроцитах крысят, рожденных от самок крыс, облученных в разные внутриутробные периоды развития.

Результаты работы представлены на рисунке, где приведены диаграммы изменений концентрации малонового диальдегида (МДА), продукта перекисного окисления липидов (верхн. диагр.) и активности ферментов каталазы (средн. диагр.) и супероксиддисмутазы (нижн. диагр.) в эритроцитах 20 и 30-дневных крысят, полученных от матерей, облученных ЭМП 460 МГц в различные периоды внутриутробного развития.

Полученные данные показывают, что содержание МДА в эритроцитах у 20-дневных крысят, подверженных облучению в зародышевый период, снижено на 36.8 % ($p < 0.05$) по отношению к контрольным животным. Однако активность ферментов каталазы и супероксиддисмутазы значительно повышена. В активности фермента каталазы наблюдается повышение в 3.7 раз ($p < 0.001$) относительно контроля, а в активности супероксиддисмутазы — в 3.1 раз ($p < 0.01$).

Оценка уровня перекисного окисления липидов в эритроцитах у 20-дневных крысят, облученных в предплодный период, показала незначительное снижение концентрации МДА (5.3 %, $p > 0.05$). При этом, активность

фермента каталазы у 20-дневных крысят на 6,2 % ниже ($p > 0.05$), а активность фермента супероксиддисмутазы на 20.1 % ($p < 0.05$) выше, чем у контрольных животных того же возраста.

У 20-дневных крысят, полученных от матерей, подвергшихся воздействию электромагнитных волн в плодном периоде, содержание МДА оказалось повышенным на 50.9 % ($p < 0.01$) от уровня контрольных животных того же возраста. У тех же животных активность фермента каталазы достоверно снижена на 42.8 % ($p < 0.05$), а проявляемое повышение активности фермента супероксиддисмутазы на 10.5 % не имеет 95-процентной достоверности ($p > 0.05$).

У 30-дневных крысят, полученных от матерей, которые были подвержены воздействию электромагнитного поля в зародышевый период пренатального развития, среднее значение содержания МДА выше на ~10 %, чем у контрольных животных того же возраста, однако достоверность различия не высокая ($p = 0.06$). Надо отметить, что среднее значение концентрации МДА (6.3 ± 1.4 нмоль/л) в эритроцитах 30-дневных контрольных животных превышает среднее значение для 20-дневных контрольных (5.7 ± 1.0 нмоль/л) примерно на те же проценты. Активность фермента каталазы на 74.2 % превышает контрольный уровень, в активности же фермента супероксиддисмутазы изменений не наблюдается (повышение на 4% не достоверно, $p > 0.05$).

Облучение в предплодный период развития приводит к повышению содержания малонового диальдегида в эритроцитах 30-дневных крысят на 51.6 % ($p < 0,01$) по отношению к уровню контрольных животных этого же возраста. При этом, если для активности фермента каталазы в эритроцитах 30-дневных крысят обнаружено повышение на 66,3 % ($p < 0,05$), то для фермента СОД имеет место понижение активности на 34,6 % ($p < 0,05$) при сравнении с контрольными животными того же возраста.

Облучение в плодный период беременности крыс обнаруживает в эритроцитах 30-дневных крысят повышение МДА на 25.4 % ($p < 0,05$), понижение активности фермента каталазы на 63.1 % ($p < 0,01$) и, наоборот, повышение активности СОД на 28.6 % ($p < 0,05$) по отношению к контрольным крысятам того же возраста.

Как видно из результатов, уровень свободнорадикального окисления липидов в эритроцитах у экспериментальных крыс в раннем онтогенезе (в 30-дневном возрасте, к концу молочного кормления) достигает и превосходит уровень контрольных крыс аналогичного возраста, независимо от периода воздействия пренатального облучения.

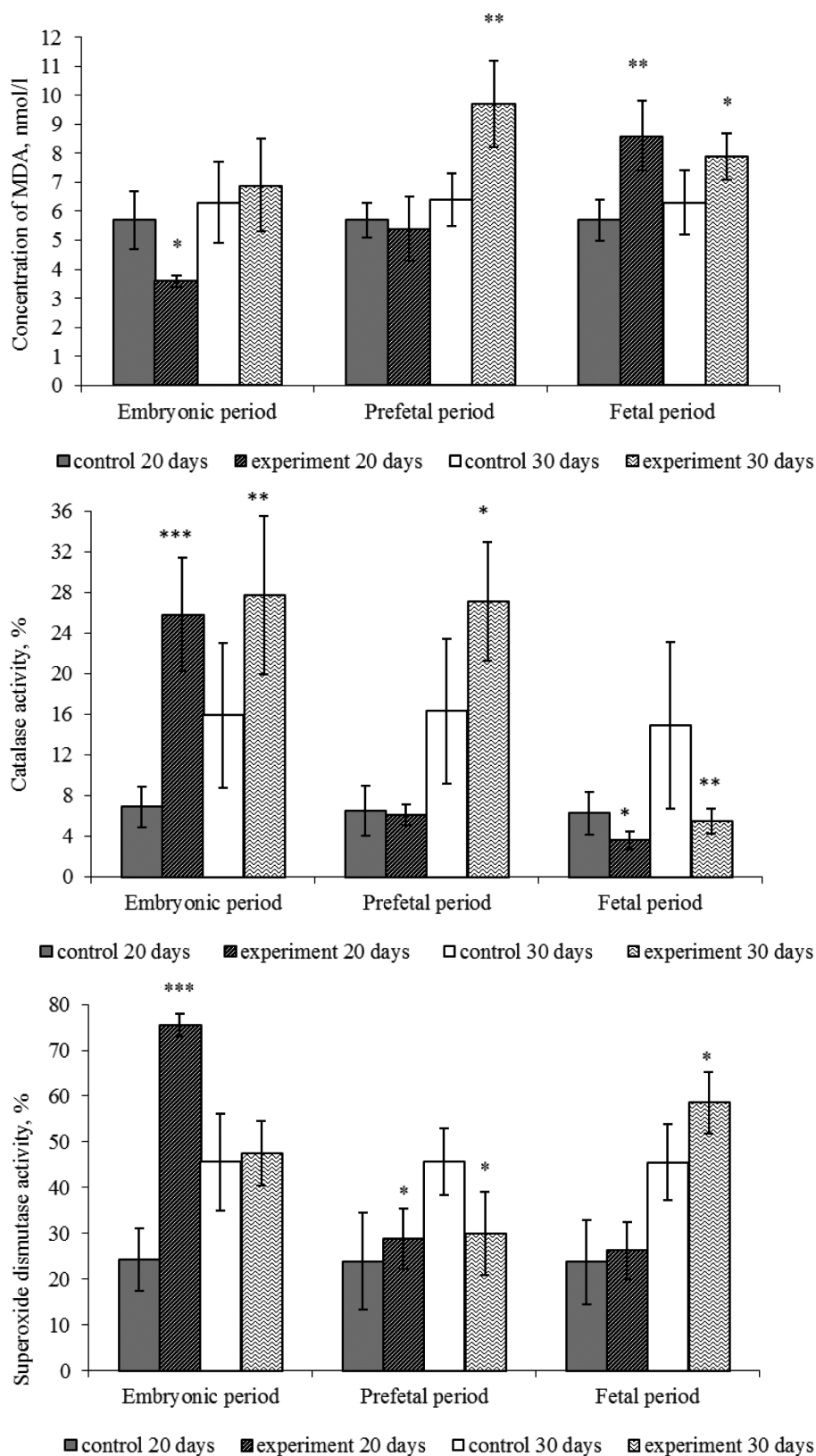


Рис. 1. Изменения уровня концентрации МДА (верхн. диаграмма) и активности ферментов каталазы (средн. диаграмма) и супероксиддисмутазы (нижн. диаграмма) в эритроцитах 20 и 30-дневных крысят, рожденных от матерей, облученных ЭМП 460 МГц в различные периоды внутриутробного развития
Примечание: уровни достоверности отличий от контрольных значений животных соответствующих возрастов указаны как: *— $p < 0.05$, ** — $p < 0.01$, *** — $p < 0.001$

Каталазная и супероксиддисмутазная активности в эритроцитах у экспериментальных крыс 20- и 30-дневного возрастов проявляют различия как по периоду воздействия пренатального облучения, так и по характеру изменений по отношению к соответствующим контрольным животным. Резко повышенная каталазная активность в эритроцитах у крысят 20-дневного возраста с облучением в зародышевый период сохраняется и даже несколько превышает контрольный уровень к 30-дневному возрасту. Тогда как с предплодным облучением у экспериментальных крыс такой резко повышенный уровень каталазной активности наблюдается к 30-дневному возрасту, т.е. формирование нового уровня активности задерживается.

С облучением в плодный период пренатального развития у крыс обнаруживается значительное снижение активности каталазы эритроцитов как в 20-дневном возрасте, так и 30-дневном по отношению к контрольным животным, хотя некоторое восстановление с возрастом имеет место.

СОД эритроцитов у крысят с облучением в зародышевый период также имеет резко повышенный уровень относительно контроля в 20-дневном возрасте, однако к 30-дневному возрасту разница в активности по отношению к контрольным крысам соответствующего возраста нивелируется. При облучении в предплодный период экспериментальные крысята к 30-дневному возрасту показывают практически такой же уровень активности СОД как 20-дневные, однако этот уровень активности достоверно ниже (на 34.6 %), чем контрольное значение для данного возраста. Облучение в плодном периоде пренатального развития приводит значительному повышению уровня активности СОД эритроцитов к 30-дневному возрасту крыс на фоне резкого снижения активности каталазы.

Обсуждение результатов

У крысят, рожденных от матерей, которые подвергались воздействию РЧ ЭМП в разные периоды беременности, в раннем постнатальном развитии происходят некоторые сдвиги в биохимических и функциональных показателях. При длительном воздействии ЭМП организм подвергается хроническому стрессу, а это, в свою очередь, может стать причиной негативных проявлений в ходе пре- и постнатального развития.

Влияние электромагнитных полей на организм в период пренатального развития может иметь существенные последствия в силу того, что развивающиеся ткани в процессе органогенеза более чувствительны к неблагоприятным факторам по сравнению с взрослым организмом. Используемые в таких исследованиях по выявлению физиологического эффекта электромаг-

нитные излучения лежат большей частью в микроволновом диапазоне, хотя имеются существенные отличия в длительности воздействия, частотном поддиапазоне, удельном коэффициенте поглощения и т.д., что может привести к противоречивым результатам. Твердых последовательных данных о влиянии радиочастотных ЭМП на пре- и постнатальное развитие организма не имеется. Наши исследования отличаются тем, что мы изучали постнатальные физиологические эффекты ЭМП 460 МГц при облучении в различные периоды беременности. В таких экспериментах ранее нами были обнаружены такие факты, как нарушение баланса общей оксидантной и антиоксидантной активности, а также понижение масс детенышей у экспериментальных крыс [18]. Повышение антиоксидантного потенциала в организме снижает уровень окислительного стресса, и это рассматривается, как адаптивная стресс-лимитирующая реакция организма, препятствующая разрушению клеточной мембраны [19, 20].

В работе других исследователей указывается на то, что воздействия на беременных кроликов ЭМП с частотой 1800 МГц в течение 7 дней по 15 минут в день приводит к окислительной деструкции ткани печени вследствие усиления образования свободных радикалов в организме [21]. Турецкими исследователями получены результаты, свидетельствующие о том, что облучение в период беременности животных ЭМП с частотой 800 МГц в течение 7 дней по 15 минут приводит усилению процесса перекисного окисления липидов, свободнорадикальные продукты которого вызывают повреждение ДНК [6].

Результаты наших исследований показывают, что изменение активности СОД и каталазы носит волнообразный характер. Во всех случаях при опытах повышение активности каталазы по сравнению с контрольными группами происходит на фоне значительного понижения активности СОД. Для многих ферментов, в том числе антиоксидантных ферментов каталазы и супероксиддисмутазы характерен феномен перекрестного регулирования активности. Для каталазы супероксидный анионрадикал является отрицательным, а перекись водорода H_2O_2 положительным эффектором, для СОД же, наоборот. По имеющимся литературным данным, такое разнонаправленное изменение в активности этих двух ферментов характерно для явления гипоксии [22].

В исследованиях А.Г. Поляковой и др. показано, что повышение активности антиоксидантных ферментов приводит к снижению свободнорадикальных форм кислорода (супероксидный и гидроксильный радикалы), что инактивирует процессы ПОЛ. Следовательно, воздействие ЭМИ (КВЧ) в шумовом режиме излучения оказывает антиоксидантное влияние через активацию ферментов (супероксиддисмутаза, каталаза). Одновременно угнетаются высвобождение катехоламинов

из нервных окончаний и надпочечников, а также действие этих моноаминов на постсинаптическом уровне. Поэтому возможно, что одним из механизмов, обеспечивающих снижение интенсивности ПОЛ при действии ЭМИ, является подавление гиперактивности симпатоадреналовой системы — одной из важнейших стресс-реализующих систем. Выявленное изменение направленности процессов ПОЛ при облучении может быть обусловлено изменением структуры (конформации) клеточной поверхности компонентов мембран за счет ослабления гидрофобных связей [23].

С другой стороны, имеются литературные сведения, которые указывают на сужение периферических сосудов при воздействии ЭМП. При этом, в первую очередь, ухудшается давление кровообращения всех органов брюшной полости, и главное, матки, снижается скорость обмена веществ. А это, в свою очередь, приводит к снижению кровяного потока к плоду, его гипоксии. Следовательно, одна из причин наблюдаемых физиологических эффектов влияния ЭМП в период беременности может быть недостаток кислорода.

Усиление продукции активных форм кислорода приводит к развитию окислительного стресса и повышает интенсивность свободнорадикальных процессов в различные периоды беременности. Здесь, проявление пониженной активности ферментов антиоксидантной системы может быть следствием снижения концентрации субстратов (активных форм кислорода) или результатом прямого воздействия электромагнитного поля на структуру фермента. Нехватка антиоксидантов в организме приводит к развитию процессов окислительного стресса и изменениям прооксидант-антиоксидантного баланса. Повышение антиоксидантного потенциала обуславливает снижение степени окислительного стресса и является адаптивным ответом (стресс-лимитирующим), препятствующим разрушению клеточной мембраны [20].

Как было отмечено, после рождения детенышей потребность новорожденного организма к кислороду резко повышается и возникает ситуация близкое к окислительному стрессу. Повышение парциального давления кислорода в тканях является фактором активации для некоторых, ранее не функционирующих ферментов оксидаз. Таким образом, происходит активизация ферментов, катализирующих реакцию восстановления молекулярного кислорода до радикала супероксида с использованием восстановленных НАДФ или НАД в качестве доноров электрона.

Имеются не мало сходств в действии (возможно, хроническом действии) на живой организм электромагнитного и гипоксического факторов, будь то в пренатальном или постнатальном развитии. Это относится к проявлениям их влияния на мозговую деятельность, на работу репродуктивной, иммунной, эндокринной систем. Данные литературы и результаты наших собственных исследований по влиянию ЭМП на организм наводят на мысль о том, что прямое окислительное воздействие реализуется через тканевую гипоксию, когда нарушена утилизация кислорода в митохондриальной дыхательной цепи. На это может указать схожесть процессов возникновения окислительного стресса, связанного гиперпродукцией активных форм кислорода, характерной перекрестной активации антиоксидантных ферментов, структурной модификацией (за счет перекисного окисления липидов) клеточных мембран, мембран митохондрий, вызывающей значительные нарушения в процессах, протекающих на них (дыхательные, ферментативные, рецепторные процессы и т.д.). Некоторые исследования окислительного действия ЭМП на структуры мозга указывают на возможность реализации соответствующего эффекта через гипоксию в тканях [24, 25], хотя, очевидно, что для аргументации данного механизма требуются дальнейшие исследования.

Заключение

Показано, что пренатальное облучение крыс электромагнитным полем ультравысокой частоты (460 МГц) приводит к изменениям базовых уровней процесса перекисного окисления липидов и активности антиоксидантных ферментов каталазы и супероксиддисмутазы в эритроцитах в раннем постнатальном онтогенезе. Характер изменений зависит от того, в каком периоде пренатального развития (эмбриональном, предплодном или плодном) производится экспонирование, что может быть использовано при разработке биомаркеров раннего обнаружения метаболических нарушений в организме.

Обнаружение перекрестной активации ферментов антиоксидантной системы, каталазы и супероксиддисмутазы в эритроцитах на фоне повышенного уровня перекисного окисления липидов у молодых крыс (до 30 дней), подверженных воздействию ЭМП в пренатальном развитии, может быть связано с ЭМП-индуцированной тканевой гипоксией.

ЛИТЕРАТУРА

1. A.F. Fragopoulou, S.L. Koussoulakos, L.H. Margaritis, Pathophysiology, 17 (3), 169–177 (2010). DOI:org/10.1016/j.pathophys.2009.10.002
2. Elvide Gizem Kivrak, Kıymet Kübra Yurt, Arife Ahsen Kaplan, et al., Journal of Microscopy and Ultrastructure, 5 (4), 167–176 (2017). DOI: 10.1016/j.jmau.2017.07.003
3. О.М.Гаркуша, Р.В.Мазуренко, С.Н.Махно, П.П. Горбик Поверхность. 17(2), 340–354 (2010)
4. A.Goraca, E. Ciejka, A. Piechota, J Physiol Pharmacol. 61(3), 333–8 (2010)
5. Д.З. Шибкова, А.В.Овчинникова. Успехи современного естествознания, 5.156–159 (2015).
6. G.Güler, A.Tomruk, E. Ozgur, et al., Int J Radiat Biol., 88 (4), 367–373 (2012). DOI: 10.3109/09553002.2012.646349
7. A.Valavanidis, T.Vlachogianni, C.Fiotakis J Environ Sci Health C Environ Carcinog Ecotoxicol Rev., 27(2), 120–39 (2009). DOI: 10.1080/10590500902885684
8. K.K. Kesari, R Meena, J. Nirala, et al., Cell Biochem Biophys., 68, 347–358 (2014). DOI:10.1007/s12013-013-9715-4
9. Э.Б. Александрова, Вестник новых медицинских технологий, Электронный журнал. 1, (2014). DOI: 10.1273/5946
10. Ю.А. Владимиров, Вестник РАМН 7, 43 (1998)
11. L.Challis. Bioelectromagnetics, 7, 98–106 (2005)
12. Е.Е. Дубинина, Продукты метаболизма кислорода в функциональной активности клеток: (жизнь и смерть, созидание и разрушение): физиологические и клиничко-биохимические аспекты (Санкт-Петербург: Мед. пресса, 2006).
13. Т.Г. Сазонтова, Ю.В. Архипенко, Пат. физ. и экспер. терапия, 3, 2–18 (2007).
14. David Schuermann and Meike Mevissen, Int. J. Mol. Sci., 22(7), 3772 (2021). DOI: org/10.3390/ijms22073772
15. Н.Н. Суплютов, Э.Н. Баркова, Лаб дело., 8, 459–463 (1986).
16. А.М. Горячковский, Клиническая биохимия. (Одесса «Астропринт» (1996) .
17. Е.Е. Дубинина, Л.А. Сальникова, Л.Ф. Ефимова, Лабораторное дело, 10, 30–33 (1983).
18. М.Т.Аббасова, А.Т.Гулиева 4th International Health Sciences and Innovation Congress, (Baku/Azerbaijan, 2021), 429–434.
19. Д.Д. Аджиев, Вестник ВОГ и С., 14 (4), 674–684 (2010).
20. О.В. Николаева, В.А. Сиренко, Е.А. и др., Бюллетень XVI чтений им. В.В. Подвысокого, Одесса, 18–19 мая 2017 г. (Министерство здравоохранения Украины Одесса. 2017.) 248–251.
21. Mehmet Berköz, Badel Arslan, Metin Yıldırım, et al., East J Med., 23(2), 71–78 (2018). DOI: 10.5505/ejm.2018.20982
22. П.Г. Сторожук, Вестник интенсивной терапии, 3, 8–13(2003).
23. А.Г. Полякова, А.Г. Соловьева, И.Е. Сазонова, Д.В. Захарова, Биофизика, 61(1),131–137 (2016)
24. М.Д. Уразов, Т.А. Астраханова, А.В. Усенко, и др., Современные технологии в медицине, 10(4), 60–68 (2018). DOI:org/10.17691/stm2018.10.4.07
25. Гаджиев, А.М. Юсифов, Э.Ю. Ибрагимова Ж.М. и др., Проблемы физиологии и биохимии. Труды Института физиологии им. А.И.Караева НАН Азербайджана, 34, 134–142 (2016).

© Кулиева Айнура Теймур кызы (aqliyeva@icloud.com); Аббасова Мушкунуз Тахир кызы (biokimya_65@mail.ru);

Гаджиев Ахмед Магомед оглы (ahmed.hajiyev@yandex.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

БИОАКТИВНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ВЫСШИХ ГРИБОВ И НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИЗ НИХ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОТИВОВИРУСНЫХ ПРЕПАРАТОВ

BIOACTIVE COMPOUNDS OF HIGHER FUNGI AND THE MOST PROMISING OF THEM FOR THE DEVELOPMENT OF ANTIVIRAL DRUGS

I. Petrovskaya

Summary. The article examines biologically active substances of fungal origin, which have fundamental scientific and practical significance, and also contribute to the development of biotechnology for obtaining the most valuable products from mycelial biomass. The study of bioactive compounds of higher fungi and the most promising of them for the development of antiviral drugs seems to be a timely and urgent task of searching for materials for biomedical technologies. Higher fungi are of practical importance for studying due to the fact that the isolation of biologically active components and the selection of the most effective and productive strains involves the development of pharmacological preparations based on them. Currently, in medicine and cosmetics, the demand for extracts from the mushroom *Inonotus obliquus* (chaga) has increased, due to their high antioxidant and antiviral properties.

Keywords: fungi, higher fungi, bioactive substances, chaga, COVID-19, SARS-CoV-2, antiviral drugs, infection, antiviral mechanism.

В настоящее время, интерес к разработке медикаментозных средств на основе природных экологически чистых соединений возрастает во всем мире. Наиболее перспективным источником получения лекарственных препаратов являются высшие грибы. Поиск и выделение новых видов и штаммов лекарственных грибов открывает перспективу для развития медицинской биотехнологии.

В настоящем исследовании показано, что грибы, как и растения, обладают огромным потенциалом для производства полезных биологически активных метаболитов и что они являются богатым источником лекарственных средств. Биологически активные вещества, ответственные за это, относятся к нескольким химическим группам, очень часто это полисахариды или тритерпены. Один и тот же вид может обладать большим разнообразием биологически активных соединений и, следовательно, фармакологических эффектов (к примеру, *Ganoderma lucidum*, *Inonotus obliquus*, *Grifola frondosa*, которые содержат не только различные тритерпены, но также полисахариды, белки и другие биологически

Петровская Ирина Федоровна

Младший научный сотрудник, аспирант,
Государственный научный центр вирусологии
и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора,
р.п. Кольцово, Новосибирская область
petrovskaya_if@vector.nsc.ru

Аннотация. В статье исследуются биологически активные вещества грибного происхождения, которые обладают фундаментально-научной и практической значимостью, а также способствуют развитию биотехнологии получения ценнейших продуктов из мицелиальной биомассы. Высшие грибы имеют практическое значение для изучения ввиду того, что выделение биологически активных компонентов и отбор наиболее результативных и продуктивных штаммов, предполагает разработку фармакологических препаратов на их основе. В настоящее время, в медицине и косметике, повисел спрос на извлечения из гриба *Inonotus obliquus* (чага), благодаря их высоким антиоксидантным и противовирусным свойствам.

Изучение биоактивных соединений высших грибов и наиболее перспективных из них для разработки противовирусных препаратов представляется своевременной и актуальной задачей поиска материалов для биомедицинских технологий.

Ключевые слова: грибы, высшие грибы, биоактивные вещества, чага, COVID-19, SARS-CoV-2, противовирусные препараты, инфекция, противовирусный механизм.

активные соединения)¹. Необходимым условием для использования в качестве лекарственного средства или в других целях, является непрерывное производство грибов (плодовых тел или мицелия) в больших количествах и в стандартизированном виде². В различных типах грибов, в этих экстрактах содержатся биологически активные соединения, которые оказывают благотворное влияние на продолжительность жизни (*Inonotus obliquus*, *Grifola frondosa*, *Agaricus subrufescens* и др.)³.

Грибы используются в натуральном виде и в качестве пищевой добавки, из грибов получают биологически активные соединения, полезные для здоровья человека. Среди них полисахариды, углеводно-связывающие бел-

¹ Zhou S, Gao Y. The immunomodulating effects of *Ganoderma lucidum* (Curt.: Fr.) P. Karst (LingZhi, Reishi Mushroom) (Aphylloromycetidae). *Int J Med Mushrooms* 2002; 4:1–11.

² Chang ST. A 40-year journey through bioconversion of lignocellulosic wastes to mushrooms and dietary supplements. *Int J Med Mushrooms* 2001; 3:299–310.

³ Y. Shevchuk, K. Kuypers; G.E. Janssens. Fungi as a source of bioactive molecules for the development of longevity medicines; *Ageing Research Reviews* 87 (2023)

ки, пептиды, протеины, ферменты, полифенолы, тритерпены, тритерпеноиды и некоторые другие соединения, обладающие противовирусной активностью в отношении ДНК— и РНК-вирусов.

Исследования показали также, что биологически активные компоненты и экстракты, полученные из грибов, проявляют сильную противоопухолевую активность, обладают противовоспалительным, антиатерогенным и гепатопротекторным действием. Так, исследование, проведенное в 2018 году, определило структурную характеристику лентинана из *Lentinus edodes* который проявляет противовирусную активность в отношении вируса инфекционного некроза кроветворных органов. Другой вид грибов, который продемонстрировал многообещающий противовирусный эффект, — это *Grifola frondosa* (грифола фрондозная, лесная курочка, баранья и овечья голова), относящийся к семейству базидиомикотиновых. По сравнению с грибом шиитаке, грифола фрондоза обладает более высокой питательной ценностью. Основным биологически активным компонентом гриба является β -глюкан, входящий в состав полисахарида *Grifola frondosa* (GFP). Кроме того, GFP продемонстрировал большой противоопухолевый потенциал и был одобрен в качестве терапевтического препарата для лечения рака в Китае. Так, был получен новый противовирусный белковый экстракт GFANP из *Grifola frondosa* GFANP состоит из 11 аминокислотных пептидов⁴.

Перспективным объектом для разработки на его основе лекарственных препаратов, биологически активных и пищевых добавок, космецевтических средств различной направленности действия является гриб *Inonotus obliquus* (черный березовый гриб, чага). Растущее число исследований *in vitro*, *in vivo* и на людях, выявило их терапевтический потенциал, который включает в себя такие свойства, как антипатогенное, антиоксидантное, противовоспалительное, иммуномодулирующее действие, улучшение микрофлоры кишечника и специфичность к ангиотензинпревращающему ферменту⁵.

Стерильные наросты гриба *Inonotus obliquus* богаты полифенолами, тритерпеноидами грибного и растительного происхождения, полисахаридами и рекомендовано к применению как неспецифическое лекарственное средство для лечения гастритов, язвы желудка, полипов, предраковых заболеваний и некоторых форм злокачественных опухолей. Тем не менее, фармакологический потенциал чаги до конца не задействован.

⁴ Ю Чжан, Гоин Чжа, и Цзянья Лин, Лекарственные грибы с противовирусным действием, *Med. Mushrooms* 2021, 23, 1–11.

⁵ Actions of *Inonotus obliquus* against Hyperuricemia through XOD and Bioactives Screened by Molecular Modeling / T. Yong [et al.] // *Traditional Medicine — Unraveling Its Molecular Mechanism*. 2018 № 2 P. 11

Отличительной особенностью химического состава чаги является значительное количество в нём водорастворимых веществ с высоким содержанием сложного и до конца не изученного органического комплекса ароматической природы.

Исследовательская деятельность по изучению химического состава *Inonotus obliquus* установило наличие в нем хромогенного комплекса. Основу хромогенного комплекса составляют полифенолы и пигмент меланин, который придает чаге и ее экстрактам черный цвет, а также в экспериментах проявилась антиоксидантная и геннопротекторная активность, которые предотвращали повреждения и увеличивали скорость репарации разрывов ДНК. Хромогенный комплекс обладает значительной антиоксидантной активностью благодаря полифенолам. В *Inonotus obliquus* содержится 12–15 % зольных элементов, а также макро— и микроэлементы (калий, магний, кальций, натрий, железо, медь, цинк, азот, хлор, сера и др.). Как мы уже отмечали ранее, в *Inonotus obliquus* содержатся также полисахариды (бета-глюканы), органические кислоты, аминокислоты, фитостерины, тритерпеновые (бетулин и бетулиновая кислота) и птериновые соединения, фитолектины, флавоноиды, лигнин, гемицеллюлоза.

Чага накапливает и концентрирует бетулин примерно также, как *Taxomyces andreanae* — таксол. В гифах мицелия, прорастающих через клетки пробковой ткани, цитоплазма вакуолизируется, и гифа в значительной степени заполняется смолистым веществом. В такой ферментативно модифицированной форме грибной бетулин имеет выраженную биологическую активность, вызывая апоптоз даже у клеток агрессивных форм меланомы⁶.

В следствии колонизации древесного субстрата *Inonotus obliquus* осуществляет окисление лигноцеллюлозных комплексов, в котором принимают участие экстрацеллюлярные ферменты гриба, прежде всего лакказы. Эти вещества являются мощным поглотителем свободных радикалов и активных форм кислорода, поэтому привлекают особое внимание исследователей.

К фармакологическим действиям препаратов чаги (*Inonotus obliquus*) относятся: антиоксидантная активность; радиопротекторные и адаптогенные свойства; восстановление работы сердца; улучшение обмена веществ; антиоксидантные и противовоспалительные свойства; гастропротекторная активность⁷.

⁶ Змитрович, И.В. Метаболиты базидиальных грибов, эффективные в терапии рака и их молекулярные мишени: Обзор / И.В. Змитрович // *Вестник Пермского университета. Биология*. 2015. — Вып. 3. — С. 264–28

⁷ Santoyo, S.; Ramírez-Anguiano, A.C.; Aldars-García, L.; Reglero, G.; Soler-Rivas, C. Antiviral activities of *Boletus edulis*, *Pleurotus ostreatus* and *Lentinus edodes* extracts and polysaccharide fractions against Herpes simplex virus type 1. *J. Food Nutr. Res.* 2012.

Отметим, что одни из первых научных публикаций о возможности получения лекарственных препаратов из грибов содержали результаты по исследованию противораковой активности водных экстрактов, полученных из плодовых тел дереворазрушающих грибов *Inonotus obliquus* (березовый гриб, чага), *Ganoderma lucidum* (трутовик лакированный), и других, в отношении раковых опухолей. Этими соединениями оказались полисахариды — высокомолекулярные соединения из класса углеводов⁸.

Позднее было установлено, что полисахариды и другие соединения базидиальных грибов могут оказывать и противовирусный эффект.

Так, отметим, что некоторые соединения из грибов способны оказывать ингибирующее действие на вирус иммунодефицита человека. Исследования показали, что из разных видов грибов, таких как *Inonotus obliquus*, *Lentinula edodes*, *Ganoderma applanatum*, *Phellinus igniarius*, *Fomes fomentarius*, в отношении ВИЧ-1, наибольшую активность проявлял меланин-глюкановый комплекс из чаги (*Inonotus obliquus*).

Содержащиеся в грибах пигменты меланины — самые мощные биопротекторы, защищающие живую клетку от неблагоприятных внешних и внутренних воздействий. К тому же, они самые сильные природные антиоксиданты. Установлено, что меланин из чаги *Inonotus obliquus* и некоторых других трутовых грибов обладает фото— и радиопротекторным, антиоксидантным и генопротекторным свойствами⁹.

Известно также противовирусное средство на основе водорастворимых меланинов, полученных химическим синтезом из следующих компонентов: L-дезоксидопамин, цистеин, L-дезоксидопамин/глутатион, L-тирозин, серотонин, допамин, адреналин и норадреналин¹⁰. Указанное противовирусное средство может защитить в условиях *in vitro* лимфоциты человека от вируса иммунодефицита (ВИЧ 1 и ВИЧ-2).

Развивающиеся вирусы, такие как вирус Эбола (EBOV), вирус Ласса (LASV), вирус птичьего гриппа H5N1 (AIV) и более поздний вирус SARS-CoV-2 рассматриваются как глобальные проблемы здравоохранения. Несмотря на многочисленные достижения науки, для людей не было одобрено ни эффективной вакцины, ни

⁸ Wang, H.X.; Ng, T.B. Examination of lectins, polysaccharopeptide, polysaccharide, alkaloid, coumarin and trypsin inhibitors for inhibitory activity against human immunodeficiency virus reverse transcriptase and glycohydrolases. *Planta Med.* 2001.

⁹ Щерба В.В., Бабицкая В.Г., Курченко В.П., Иконникова П.В., Кукулянская Т.А. Антиоксидантные свойства меланиновых пигментов грибного происхождения // Прикладная биохимия и микробиология. 2000. — Т. 36. — №5. — С. 569–574

¹⁰ Патент США №5057325, МПК А61К 31/195, опубли. 1991 г.

специфической терапии против этих вирусов, и поэтому существует настоятельная необходимость в разработке терапевтических методов борьбы с этими угрозами.

Гриб чага содержит в своем составе до 30 % меланина, который является составной частью гуминовых веществ. Было обнаружено, что меланин и его биосинтетические предшественники подавляют широкий спектр вирусов, (таких как ВИЧ, грипп, вирус Западного Нила и т.д.) могут быть использованы в дальнейшем при разработке противовирусных препаратов.

С 2019 года COVID-19 (SARS CoV 2) по-прежнему представляет угрозу для жизни людей, и производство эффективных противовирусных препаратов против него является наиболее необходимой мерой. Коронавирус SARS-CoV-2 представляет собой самосборную наночастицу, внутри которой находится одноцепочечная РНК (рибонуклеиновая кислота). Обнаружено, что меланин и его предшественники ингибируют белок фурин, что он также может взаимодействует с белком spike. Все это указывает на то, что меланин и его предшественники могут быть использованы при разработке противовирусных препаратов против SARS CoV 2¹¹.

По мнению ученых, чага может быть эффективным природным противовирусным средством, которое может дополнять существующие препараты против SARS-CoV-2¹². Необходим поиск новых эффективных штаммов чаги *Inonotus obliquus*, которые позволят на основе биотехнологии получать эффективные лечебно-профилактические препараты от патогенных для человека вирусов.

Исследования продемонстрировали также действие полисахаридов *Inonotus obliquus* на кошачьи вирусы, включая кошачий кальцивирус, кошачий герпесвирус, кошачий вирус гриппа, кошачий вирус инфекционного перитонита и кошачий вирус панлейкопении¹³.

В настоящее время, установлено, что полисахариды *Inonotus obliquus* обладают гипогликемической активностью. Полисахариды *Inonotus obliquus* снижают уровень глюкозы в крови и восстанавливают структуру β -клеток после их повреждения от диабета. Полисахариды

¹¹ Vijayababu P, N. K Kurian. Melanin and its Precursors as Effective Antiviral Compounds: with a Special Focus on SARS CoV2. <https://cloud.mail.ru/public/zGLh/NLbxSGkM1>

¹² Дедов Д.В., Усольцева О.Н., Издание: Врач. 2022. — N 8. — С.85–87. Березовый гриб чага: противовоспалительное, антиоксидантное, иммуномодулирующее, противовирусное действие и возможности применения российского препарата БиоЧага у больных COVID-19.

¹³ Ф. Шахзад, Д. Андерсон и М. Наджафзаде, Противовирусное и противовоспалительное действие натуральных препаратов Лекарственные травы и грибы и инфекция SARS-CoV, Res. 2020, 24.

Inonotus obliquus повышают уровень инсулина и облегчают метаболические нарушения ферментов глюкозы¹⁴.

Было выявлено, что экстракты чаги ингибируют развитие двух линий опухолей: меланомы B16-F10 и саркомы-180 после имплантации мышам линии Balbc/c. Эргостерол, выделенный из *Inonotus obliquus*, подавлял развитие колоректального рака человека у мышей линии C57BL/6¹⁵.

На сегодняшний день доказано, что экстракты чаги или их полисахаридная фракция ингибируют воспалительные реакции. Большинство исследований доказывают снижение продукции и/или секреции провоспалительных цитокинов, таких как интерлейкин-1 β (IL-1 β), интерферон γ (IFN γ) и TNF α ¹⁶.

¹⁴ Hyun, K.; Jeong, S.; Lee, D.; Park, J.; Lee, J. Isolation and characterization of a novel platelet aggregation inhibitory peptide from the medicinal mushroom, *Inonotus obliquus*. *Peptides* 2006, 27, 1173–1178

¹⁵ Lemieszek, M.; Langner, E.; Kaczor, J.; Kandefer-Szerszeń, M.; Sanecka, B.; Mazurkiewicz, W.; Rzeski, W. Anticancer Effects of Fraction Isolated from Fruiting Bodies of Chaga Medicinal Mushroom, *Inonotus obliquus* (Pers.: Fr.) Pilát (Aphyllophoromycetidae): In Vitro Studies. *Int. J. Med. Mushrooms* 2011, 13, 131–143.

¹⁶ Ван, С.Дж.; Ван, Х.Х.; Дай, Ю.Ю.; Ма, М.Х.; Рахман, К.; Ниан, Х.; Чжан, Н. *Prunella vulgaris*: Всесторонний обзор химических компонентов, фармакологических эффектов и клинических применений. Текущий раздел Фармацевтика. Декабрь 2019, 25,

Подытоживая вышеизложенное, отметим, что синтезируемые высшими грибами, биоактивные соединения, такие как полисахариды, углеводно-связывающие белки, пептиды, протеины, ферменты, полифенолы, три-терпены, тритерпеноиды, обладают противовирусной активностью в отношении ДНК и РНК-вирусов, обладают антиоксидантным, противовоспалительным и противоопухолевым фармакологическими эффектами.

Inonotus obliquus (медицинский гриб чага, березовый гриб, трутовик скошенный) содержит большой набор биоактивных веществ и с давних времен используется в народной медицине. Данный гриб официально разрешен к применению в медицинской практике и рассматривается в качестве неспецифического средства для лечения ряда заболеваний желудочно-кишечного тракта (в частности, гастритов, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, полипозов) и предраковой терапии. *Inonotus obliquus* продуцирует ряд биологически активных веществ, являющихся ценным соединением для биомедицинского применения. Исходя из этого, *Inonotus obliquus* можно рассматривать в качестве перспективного источника биоактивного соединения для разработки противовирусных препаратов.

Финансирование. Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ГЗ-29/21 ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ван, С.Дж.; Ван, Х.Х.; Дай, Ю.Ю.; Ма, М.Х.; Рахман, К.; Ниан, Х.; Чжан, Н. *Prunella vulgaris*: Всесторонний обзор химических компонентов, фармакологических эффектов и клинических применений. Текущий раздел Фармацевтика. Декабрь 2019, 25
2. Ванг Х.Х.; Нг Т.Б. Исследование лектинов, полисахаропептидов, полисахаридных, алкалоидных, кумариновых и трипсиновых ингибиторов на ингибирующую активность в отношении обратной транскриптазы и гликогидролаза вируса иммунодефицита человека. *Планта Мед.*, 2001.
3. Виджаябабу П., Куриан Н. К. Меланин и его предшественники как эффективные противовирусные соединения: с особым акцентом на SARS CoV2. <https://cloud.mail.ru/public/zGLh/NLbxSGkM1>
4. Дедов Д.В., Усольцева О.Н., Издание: Врач. 2022. — N 8. — С.85–87. Березовый гриб чага: противовоспалительное, антиоксидантное, иммуномодулирующее, противовирусное действие и возможности применения российского препарата БиоЧага у больных COVID-19
5. Действие *Inonotus obliquus* против гиперурикемии с помощью рентгеновского излучения и биоактивных веществ, отобранных с помощью молекулярного моделирования / Т. Йонг [и др.] // Традиционная медицина — разгадка ее молекулярного механизма. 2018 № 2, стр. 11.
6. Змитрович, И.В. Метаболиты базидиальных грибов, эффективные в терапии рака и их молекулярные мишени: Обзор / И.В. Змитрович // Вестник Пермского университета. Биология. 2015. — Вып. 3. — С. 264–28
7. Йонг Т. Действие *Inonotus obliquus* против гиперурикемии с помощью GOD и биоактивных веществ, отобранных с помощью молекулярного моделирования / Т. Йонг [и др.] // Традиционная медицина — разгадка ее молекулярного механизма. 2018 № 2 С. 11
8. Пан, Х.-Х.; Ю, Х.-Т.; Ли, Т.; Ву, Х.-Л.; Цзяо, К.-В.; Цай, М.-Х.; Ли, Х.-М.; Се, Ю.-З.; Ван, Ю.; Пэн, Т.; Лемешек, М.; Лангнер, Э.; Качор, Дж.; Кандефер-Шерше н., М.; Санечка, Б.; Мазуркевич, В.; Жески, В. Противоопухолевые эффекты фракции, выделенной из плодовых тел лекарственного гриба Чага, *Inonotus obliquus* (Pers.:Fr.) Pilát (Aphyllophoromycetidae): исследования In Vitro. *Международный медицинский центр. Грибы*, 2011, 13, 131-143.
9. Патент США №5057325, МПК А61К 31/195, опубли. 1991 г.
10. Теплякова Т.В., Ильичева Т.Н., Маркович Н.А. Перспективы создания препаратов против гриппа на основе лекарственных грибов (обзор). *Прикладная биохимия и микробиология*. 2020; 56(5): 409–18. <https://doi.org/10.31857/S0555109920050141>
11. Сантойо, С.; Рамирес-Ангиано, А.С.; Алдарс-Гарсия, Л.; Реглеро, Г.; Солер-Ривас, С. Противовирусная активность экстрактов и полисахаридных фракций *Boletus edulis*, *Pleurotus ostreatus* и *Lentinus edodes* в отношении вируса простого герпеса 1-го типа. *J. Food Nutrition. Res.* 2012.
12. Сео Д. Дж. Ингибирование мышинового норовируса и кошачьего калицивируса пищевыми растительными экстрактами / Д. Дж. Шон, К. Чой // Вирусология пищевых продуктов и окружающей среды. 2017 № 9 с.35–44.
13. Ф. Шахзад, Д. Андерсон и М. Наджафзаде, Противовирусное и противовоспалительное действие натуральных препаратов Лекарственные травы и грибы, и инфекция SARS-CoV, *Res.* 2020, 24

14. Хен, К.; Чжон, С.; Ли, Д.; Парк, Дж.; Lee, J. Выделение и характеристика нового пептида, ингибирующего агрегацию тромбоцитов, из лекарственного гриба *Inonotus obliquus*. Пептиды 2006, 27, 1173–1178.
15. Чанг С.Т. 40-летний опыт био конверсии лигноцеллюлозных отходов в грибы и пищевые добавки. Международные исследования грибов, 2001; 3:299–310.
16. Чжоу С., Гао Ю. Иммуномодулирующее действие *Ganoderma lucidum* (сокращенно: фр.) P.Karst (Линчжи, гриб Рейши) (Aphylloporales). Int J Med Mushrooms 2002; 4:1–11.
17. Шевчук Ю., Кайперс К.; Janssens G.E. Грибы как источник биологически активных молекул для разработки лекарств для продления жизни; Обзоры исследований старения 87 (2023)
18. Щерба В.В., Бабицкая В.Г., Курченко В.П., Иконникова П.В., Кукулянская Т.А. Антиоксидантные свойства меланиновых пигментов грибного происхождения // Прикладная биохимия и микробиология. 2000. — Т. 36. — №5. — С. 569–574
19. Ю Чжан, Гоин Чжа, и Цзянь Лин, Лекарственные грибы с противовирусным действием, Med. Mushrooms 2021, 23, 1–11

© Петровская Ирина Федоровна (petrovskaya_if@vector.nsc.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭКСТРАКТА ИМБИРЯ ОБЫКНОВЕННОГО (ZINGIBER OFFICINALE), ВЫРАЩЕННОГО В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ (IN VITRO)

ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF GINGER EXTRACT (ZINGIBER OFFICINALE) GROWN IN LABORATORY CONDITIONS (IN VITRO)

**Ya. Usaeva
F. Turlova
E. Amlieva**

Summary. As is known, medicinal plants can be obtained both in vivo and from test tubes, that is, in vitro. The main thing is to identify whether plants obtained in different ways have the same properties, including bactericidal ones. The properties of ginger have been known for a very long time. It has excellent antimicrobial, antiviral and antitumor properties. The use of extracts, essential oils and concentrates derived from ginger is also widespread. Currently, plant components such as [6]-gingerol and [12]-gingerol, obtained from ginger rhizomes, are used, and the resulting essential oils have a bactericidal effect on a number of bacteria.

Keywords: ginger extract, bactericidal activity, in vitro, klebsiella, staphylococcus, E. coli.

Усаева Яхита Саидовна

к.б.н., доцент, доцент, ФГБОУ ВО «Чеченский
государственный университет им. А.А. Кадырова»
y.usaeva@mail.ru

Турлова Фатима Салмановна

к.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Чеченский
государственный университет им. А.А. Кадырова»
turlova.fatima@yandex.ru

Амлиева Эсет Мусаевна

Лаборант, НОЛ «Биотехнология сельскохозяйственных
растений для регенеративного земледелия»
ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет
им. А.А. Кадырова»
amlievaem1999@mail.ru

Аннотация. Как известно, лекарственные растения можно получать как в естественных условиях, так и из пробирок, то есть in vitro. Главное выявить, обладают ли полученные разными способами растения, одинаковыми свойствами, в том числе и бактерицидными. Свойства имбиря известны очень давно. Он имеет отличные антимикробные, противовирусные и противоопухолевые свойства. Применение получаемых из имбиря экстрактов, эфирных масел и концентратов также широко распространено. В настоящее время применяются такие растительные компоненты, как [6]-гингерол и [12]-гингерол, получаемые из корневищ имбиря, а полученные эфирные масла оказывают бактерицидное действие на целый ряд бактерий.

Ключевые слова: экстракт имбиря, бактерицидная активность, in vitro, клебсиеллы, стафилококки, кишечная палочка.

В медицинской практике часто используют антибиотики для лечения различных воспалительных процессов, инфекций. Использование антибиотиков эффективный метод лечения, но, несмотря на это, лечение антибиотиками может вызвать тяжелые последствия. Не менее эффективным способом против патогенных бактерий является применение различных растительных компонентов, например, таких, как [6]-гингерол и [12]-гингерол, их получают из корневища имбиря [7], также гингерол эффективен против *M. avium* и *M. tuberculosis* in vitro [5].

Для исследования антимикробной активности используют метод дисковой диффузии и метод дырочной диффузии на агаровой среде, а также метод микроразделения на агаровой среде и бульоне для определения минимального ингибирования роста концентрации (МИК) и минимальной концентрации стерилизации (МВС).

Эфирные масла имеют химический состав, богатый летучими и пахучими вторичными метаболитами, такими,

как монотерпены и сесквитерпены. В некоторых исследованиях сообщалось, что эфирные масла лекарственного растения *Z. officinale* проявляют антибактериальные свойства в отношении различных бактерий. Эфирные масла лекарственного растения проявили антибактериальные свойства в отношении различных бактерий.

Исследование показало, что эфирное масло *Z. officinale*, полученное методом гидродистилляции, и подтвердило, что *L. monocytogenes* проявила наибольшую чувствительность к маслу по сравнению с другими бактериями и показала наибольшую зону ингибирования (37 мм). Было показано, что эфирное масло имбиря активно против штамма *V. alginolyticus*, несмотря на высокий диапазон значений МИК 0,05–0,2 мг/мл [5].

Описание умеренной активности, со значениями МИК 0,16–0,63 мг/мл, против грамположительных бактерий указывает на то, что грамотрицательные бактерии более устойчивы к эфирному маслу *Z. officinale* по сравнению с грамположительными бактериями [4].

Эти результаты показывают, что высокая чувствительность наблюдалась у грамотрицательных штаммов, таких, как возбудители пневмонии, это было ожидаемо из-за структуры клеточной стенки грамотрицательных бактерий [1]. В исследовании 15 штаммов результаты подтвердили использование *Z. officinale* в качестве средства для лечения заболеваний, которые могут быть вызваны инфекционными агентами [4].

Было обнаружено, что протестированные масла проявляют эффективное влияние на грамотрицательные штаммы [4].

Считается, что антибактериальная активность имбирного масла обусловлена монотерпенами и сесквитерпенами, содержащимися в его составе, поскольку они могут изменять проницаемость и текучесть клеточных мембран микроорганизмов. Липофильная природа углеводородного скелета и гидрофильность некоторых функциональных групп придают этому свойству [3].

Антибактериальная активность и ингибирующий эффект экстракта имбиря могут быть связаны с химическими свойствами имбиря. Основным компонентом имбиря являются сесквитерпеноиды, а зингибелен является его основным компонентом. Другие ингредиенты включают сесквитерпеноиды β -сесквиферандрен, бисаболен и фарнезен, а также небольшие фракции монотерпеноидов (β -сесквиферандрен, цинеол и цитраль).

Терпеноиды важны для фармакологии из-за их связи с такими соединениями, как витамин А, в связи с этим их возможно будут применять в медицине. Имбирь способствует выделению слюны, и поэтому может быть использован для маскировки вкуса лекарства. Гингерол делает имбирь доступным для лечения повышенной кислотности и может оказывать обезболивающее и седативное действие [2].

Экстракт имбиря обладает лечебной и антибактериальной активностью, и было показано, что ингибирование роста бактерий зависит от дозы.

Исследования показали, что экстракты корня имбиря можно использовать для лечения бактериальных инфекций. Эти экстракты также можно использовать для лечения простуды, расстройств пищеварения, гиперхолестеринемии, заболеваний сердца и легких, как обезболивающие, особенно для облегчения боли при артрите.

Материал и методы исследования

Нами был выращен имбирь (*Zingiber officinale*) in vitro в научно-исследовательской лаборатории «Биотехнология сельскохозяйственных растений для регенератив-

ного земледелия». В исследованиях были использованы штаммы микроорганизмов *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* и *Staphylococcus epidermidis*. Штаммы были получены из бактериологической лаборатории ЦКП ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова»

Для исследования бактерицидной активности по отношению микроорганизмов были использованы стерильные чашки Петри, МПА, МПБ, сок корня имбиря, выращенного in vitro и приобретенного в торговой сети.

Средой, используемой для выделения чистой культуры *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae* и *Staphylococcus epidermidis* был мясо-пептонный агар (МПА).

Мясо-пептонный агар (МПА) состоит из мясного экстракта, пептона, хлорида натрия, дигидрофосфата натрия и агар-агара. Мясо-пептонный агар — самая универсальная среда, поскольку большинство бактерий могут хорошо расти на этой среде. Бактерии инкубируют в термостате при температуре 37°C в течение 24 часов. Мясо-пептонный бульон (МПБ) использовали для разведения в жидкой среде.

Для проведения исследований были получены чистые культуры *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus epidermidis*.

Бактериальная петля для посева *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae* и *Staphylococcus epidermidis* была подготовлена заранее путем прокалывания над пламенем спиртовки и охлаждена. Микроорганизмы из пробирки засеивали на чашку Петри с МПА. Чашку Петри погружали вверх дном в термостат на 24 часа.

Для получения культуры в жидком виде готовили мясной пептонный бульон (МПБ). Полученную культуру переносили в МПБ на 6–18 часов при температуре 37°C. В МПБ микроорганизмы дали обильный рост, при значительном помутнении среды образовывалось пристеночное кольцо, на поверхности среды отсутствовал пленочный слой.

Затем расплавленный МПБ переливали в стерильную чашку Петри. Мы разделили чашку Петри на секторы (in vitro/in vivo). Жидкую культуру, содержащую МПБ, равномерно распределяли по всей поверхности чашки и отправляли в термостат.

Для определения антимикробной активности нанесли по 1 мл сока имбиря выращенного in vitro и сока имбиря, приобретенного в торговой сети.

Результаты исследования и их обсуждения

Проведенные исследования с соком имбиря, полученным из корневищ, приобретенных в обычной торговой сети, и полученным *in vitro*, показал следующие результаты. Антибактериальная активность экстракта различна не только в зависимости от объекта получения, но и различна по отношению к разным видам бактерий. Она высока по отношению к бактериям вида

Staphylococcus epidermidis, а по отношению бактерий *Escherichia coli* и *Klebsiella pneumoniae* мало активна.

Результаты исследования наглядно продемонстрированы на данных рисунках с диаграммами 1, 2, 3.

Заключение

Сегодня большинство патогенных микроорганизмов становятся устойчивыми к антибиотикам. Чтобы пре-



Рис. 1. Зоны ингибирования бактерицидной активности корня имбиря

Свойства имбиря, приобретенного в торговой сети

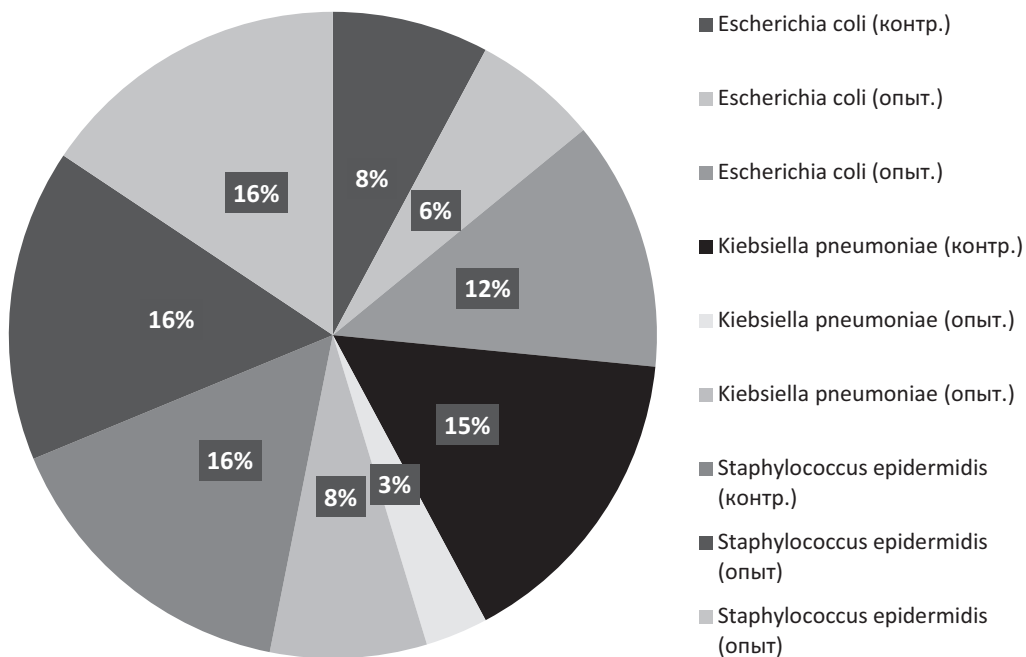


Рис. 2. Процентное соотношение свойств экстракта имбиря, приобретенного в торговой сети в отношении видов бактерий

IN VITRO

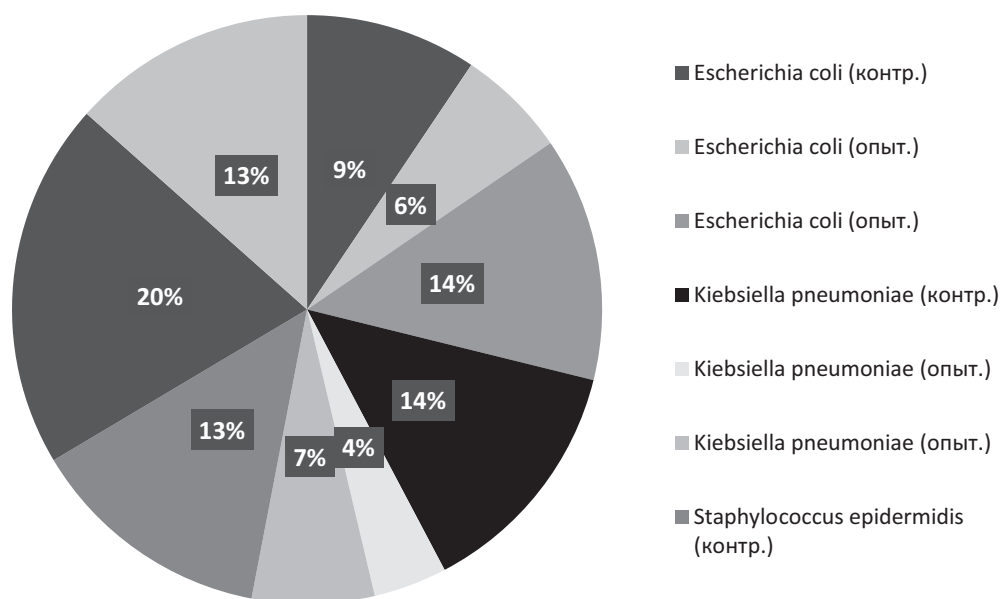


Рис. 3. Процентное соотношение свойств экстракта имбиря, полученного in vitro в отношении видов бактерий

одолеть эту тревожную проблему, необходимо срочно найти новые активные соединения для новых мишеней. Большинство специй, экстрагированных водой или органическими растворителями, содержат биологически активные соединения, которые могут быть использованы в синтезе сильнодействующих лекарств. Таким образом, специи являются пищей на столе на ежедневной основе и могут защитить себя от естественных врагов, таких, как бактериальные патогены.

В результате эксперимента было установлено, что чувствительность к экстракту имбиря была разной в зависимости от типа бактерий. Сок имбиря, полученного in vitro, обладал более высокой бактерицидной активностью по сравнению с соком имбиря, приобретенного в торговой сети. Бактерицидная активность более выражена по отношению к бактериям *Staphylococcus epidermidis*, менее выражена по отношению к *Escherichia coli* и *Klebsiella pneumoniae*.

ЛИТЕРАТУРА

- Chavda R., Vadalia K.R., Gokani R. Hepatoprotective and antioxidant activity of root bark of *Calotropis procera* R.Br (Asclepiadaceae) Int J Pharmacol. 2010;61:937–943. [Google Scholar]
- O'Hara M., Keifer D., Farrel K. and Kemper K., 1998. A review of 12 commonly used medicinal herbs. Archives. Fam. Med. (7)523–536.
- El-Ghorab A.H., Nauman M., Anjum F.M., Hussain S., Nadeem M., (2010). A comparative study on chemical composition and antioxidant activity of ginger (*Zingiber officinale*) and cumin (*Cuminum cyminum*). Journal of agricultural and food chemistry, 58(14), 8231–8237.
- Iqbal Z., Lateef M., Akhtar M.S., Ghayur M.N., Gilani A.H., (2006). In vivo anthelmintic activity of ginger against gastrointestinal nematodes of sheep. Journal of ethnopharmacology, 106(2), 285–287.
- Islam A., Rowsni K.K., Khan M.M., Kabir M.S. (2014). Antimicrobial activity of ginger (*Zingiber officinale*) extracts against food-borne pathogenic bacteria. International Journal of Science, Environment and Technology 3(3):867–871.
- Cao Z.F., Chen Z.G., Guo P., Zhang S.M., Lian L.X., Luo L., Hu W.M. Scavenging effects of ginger on superoxide anion and hydroxyl radical. Chung-Kuo Chung Yao Tsa Chih. 1993;8:750–764
- Thomson J. M. and Bonomo R.A. (2005). The threat of antibiotic resistance in gram-negative pathogenic bacteria: β -lactams in peril! Curr. Opin. Microbiol. 8, 518–524. doi: 10.1016/j.mib.2005.08.014

© Усаева Яхита Саидовна (y.usaeva@mail.ru); Турлова Фатима Салмановна (turlova.fatima@yandex.ru);

Амлиева Эсет Мусаевна (amlievaem1999@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ДЕТЕРМИНАНТЫ ПРИРОСТА ПОЗДНЕЙ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (PINUS SYLVESTRIS L.) В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

GEOECOLOGICAL DETERMINANTS OF LATE TIMBER GROWTH OF SCOTTS PINE (PINUS SYLVESTRIS L.) IN CONDITIONS OF BELARUS

A. Khokh
V. Zvyagintsev

Summary. The work carried out a comparative analysis of the dynamics of growth of late wood of pine in the conditions of the most widespread forest formation in the country — mossy pine forests (*Pinetum pleurozium*), over a 115-year period (1900–2015). Based on the results of cluster analysis of 106 local tree-ring chronologies, 3 dendrochronologically homogeneous regions and 11 subregions were identified. For the selected subregions, regional res-chronologies for the width of late wood were obtained, their main statistical characteristics were analyzed, and the years with minimums and maximums of growth were determined. The dominant climatic factors influencing growth in each subregion have been established. It is shown that the identified relationships between temperature, precipitation and late wood growth are at the level of low ($p \leq 0.05 > 0.01$) or medium ($p \leq 0.01 > 0.001$) statistical significance. The results obtained using the example of late pine wood show a close relationship between the formation of xylem structures and geoeological factors and can be used to assess the dynamics of the state of the environment and conduct forensic dendrochronological examinations, in particular to resolve issues related to establishing (confirming) the location of the felled wood.

Keywords: scots pine, mossy pine forests, late wood, temperature, precipitation, Belarus.

Хох Анна Николаевна

Заведующий лабораторией исследования материалов, веществ и изделий, Научно-практический центр Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь
1ann1hoh@gmail.com

Звягинцев Вячеслав Борисович

Кандидат биологических наук, доцент, Белорусский государственный технологический университет
mycolog@tut.by

Аннотация. В работе проведен сравнительный анализ динамики прироста поздней древесины сосны в условиях самой распространённой в стране лесной формации — сосняков мшистых (*Pinetum pleurozium*), за 115-летний период (1900–2015 гг.). По результатам кластерного анализа 106-ти локальных древесно-кольцевых хронологий выделено 3 дендрохронологически однородных района и 11 подрайонов. По выделенным подрайонам получены региональные res-хронологии по ширине поздней древесины, проанализированы их основные статистические характеристики, определены годы с минимумами и максимумами прироста. Установлены доминирующие климатические факторы, влияющие на прирост, в каждом подрайоне. При этом показано, что выявленные взаимосвязи между температурой, осадками и приростом поздней древесины находятся на уровне низкой ($p \leq 0,05 > 0,01$) или средней ($p \leq 0,01 > 0,001$) статистической значимости. Полученные результаты на примере поздней древесины сосны показывают тесную взаимосвязь формирования структур ксилемы от геоэкологических факторов и могут быть использованы для оценки динамики состояния окружающей среды и проведения судебных дендрохронологических экспертиз, в частности для решения вопросов, связанных с установлением (подтверждением) места произрастания срубленной древесины.

Ключевые слова: сосняки мшистые, поздняя древесина, температура, осадки, Беларусь.

Введение

Известно, что ширина годичных колец (далее — ШГК) сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) зарекомендовала себя как весьма эффективный, надежный и достоверный инструмент для успешного выявления климатического сигнала. Вполне естественно, что наибольшее количество дендроклиматических исследований проведено на крайних пределах произрастания древесной растительности, где лимитирующие рост факторы проявляют свое действие наиболее полно [12, с. 450; 7, с. 201; 5, с. 404]; проводятся такие исследования и в районах умеренного климата, где связь климатических факторов с приростом деревьев менее выражена [6, с. 107; 13, с. 127; 11, с. 32]. Отметим, что характер

связи ШГК сосны с климатическими факторами, такими как температура воздуха и почвы, осадки и увлажненность почвы, продолжительность вегетационного периода, условия освещенности, состояние атмосферы и др., весьма разнообразен, а потому должен отдельно устанавливаться применительно к каждому конкретному географическому региону с учетом почвенно-грунтовых условий произрастания и высоты над уровнем моря.

В настоящее время существует обширный объем публикаций белорусских ученых по изучению влияния климата на ШГК *P. sylvestris*. В работе В.Е. Вихрова (1965) изучены и проанализированы взаимосвязи прироста древесины сосны с условиями произрастания и изменениями погодных факторов [2, с. 99]; фактически это

было одно из первых дендроклиматических исследований в Беларуси. В монографии Киселева В.Н. и Матюшевой Е.В. (2010) подробно изучена дендроклиматология современных поколений сосны в различных физико-географических и экологических условиях, выявлены зависимости радиального прироста от метеорологических факторов [14, с. 201]. Исследования В.Н. Киселева с соавт. (2014) выявили значимое влияние температуры и осадков безлиственного периода на прирост древесины в сосняках черничных (*Pinetum myrtillosum*), произрастающих на полугидроморфном иллювиально-гумусово-железистом подзоле [10, с. 35]. В работе М. В. Ермохина и В.В. Савельева (2011) изучено влияние климатических факторов на формирование прироста сосны, произрастающей на территории Беловежской пущи, и сделан вывод, что в естественной динамике сосновых лесов одну из главных ролей играют сезонные колебания количества июньских осадков, ранневесенних (апрель) и летних (июнь, июль) температур воздуха [3, с. 29]. На основании обширного дендрохронологического материала Ермохиным М.В. (2020) проведено дендрохронологическое районирование *P. sylvestris*, в том числе изучен характер ростовых процессов сосны в разных регионах под действием климатических факторов [4, с. 450].

О важности изучения различных параметров годовых колец как источника дополнительной информации для понимания влияния климата на формирование древесины отмечается во многих работах. Помимо общей ширины годовых колец, для дендроклиматического анализа используются плотность древесины [26, с. 450] и анализ стабильных изотопов в кольцах [23, с. 18], однако такого рода исследования предполагают наличие дорогостоящего оборудования в отличие от измерений ШГК.

Количественное соотношение ранней и поздней древесины (далее — РД и ПД) в годовых кольцах также зависит от климатических условий [24, с. 80]. По мнению ряда авторов, выявить климатический сигнал и достоверные закономерности в данном случае сложнее [19, с. 173]. Возможно, этим объясняется тот факт, что публикаций, посвященных изучению климатического потенциала РД и ПД гораздо меньше. Так, в работе J. J. Samarero с соавт. (2020) отмечено, что на формирование ранней и поздней древесины у сосны обыкновенной влияют разные климатические факторы, поздняя древесина более чувствительна к климату вегетационного периода, особенно весенне-летним осадкам [16, с. 160]. Что касается исследований белорусских ученых, то по результатам изучения особенностей сезонного прироста древесины сосны в насаждениях на севере Беларуси, проведенных А.А. Болботуновым и Е.В. Дегтяревой (2020), установлено, что лимитирующим прирост как поздней, так и ранней древесины являются высокие температуры июля, а также засухи [1, с. 30].

На основании изложенного можно предположить, что на сегодняшний день определенный научный интерес представляют дендроклиматические исследования геоэкологической обусловленности прироста поздней древесины у *P. sylvestris*.

Цель данной работы — изучить особенности формирования поздней древесины белорусских популяций сосны обыкновенной на примере сосняков мшистых (*Pinetum pleurozium*) и выявить влияние на ксилогенез основных климатических факторов.

Объекты и методы исследования

Объекты исследования сосновые насаждения в наиболее типичных для страны условиях местопроизрастания во всех геоботанических подзонах Беларуси. Для закладки временных пробных площадей (ВПП) отбирались спелые (средний возраст — 92 года), чистые по составу сосняки мшистые (*Pinetum pleurozium*) I и II классов бонитета с полнотой 0,6–0,9.

Предмет исследования составили закономерности воздействия климатических факторов на ежегодный прирост поздней древесины сосны в условиях Беларуси.

Всего для дендроклиматических исследований заложено 106 ВПП, отобрано 4240 кернов (по 20 деревьев на каждой ВПП; по 2 керна с дерева). Выбирались хорошо развитые прямоствольные деревья, доминирующие в пологе древостоя, которые не имели механических и огневых повреждений, поскольку такие деревья лучше отражают изменение климатических условий.

Пробоподготовка буровых кернов и измерение ШГК осуществлялись способом, описанным в работе Хох А.Н. (2022) [15, с. 79]. На основании проведенных замеров ширин поздней древесины вдоль одного радиуса получались единичные серии, выраженные в абсолютных единицах (мм), которые впоследствии усреднялись для каждого дерева, а затем для каждой ВПП (абсолютные, raw-хронологии). Далее осуществляли перевод серий измерений из формата .xls/.xlsx в .rwl через универсальный конвертер TRiCYCLE [17, с. 137]. Серии датировались в программе COFECNA (версия 6.06P) [20, с. 70]. Стандартизация серий в .rwl формате производилась с помощью программы ARSTAN (версия 44h3) [21, с. 54] с построением 106 локальных остаточных (res) древесно-кольцевых хронологий (далее — ДКХ) для каждой ВПП по ширине поздней древесины. Res-хронологии использовались поскольку доказано, что они наиболее пригодны для целей дендроклиматологии из-за усиленного сигнала высокочастотной составляющей климатической изменчивости [22]. Анализировался период с 1900 по 2015 годы.

Формирование массивов информации, их верификация, статистическая обработка и графическое отобра-

жение результатов исследований осуществлены в программных пакетах Microsoft Excel v.10.0 с надстройкой ExStatR [8, с. 42], SPSS v.22.0.

Процедуры классификации были проведены с использованием кластерного анализа. Расстояние между кластерами определялось с помощью инструмента «euclidean distance», которое представляет собой обычное геометрическое расстояние. Дендрограммы составлялись по методу (правилу объединения) Уорда, дающего наиболее наглядную и логически объяснимую схему кластеризации. Отличительная черта метода в том, что он использует дисперсионный анализ для оценки расстояний между кластерами [25, с. 477]).

Влияние климатических факторов на прирост вычислялось с помощью процедуры корреляционного анализа и множественной линейной регрессии. Расчет коэффициентов корреляции Пирсона и коэффициентов функции отклика проводился между индексами прироста и рядами метеопараметров за период с сентября предыдущего по сентябрь текущего года [25]. Бралась данные архива погоды Национального управления океанических и атмосферных исследований по 45 метеостанциям Беларуси (<https://www.ncei.noaa.gov/access/past-weather/Belarus>).

Результаты и обсуждение

На первом этапе 106 локальных res-хронологий были проанализированы с помощью метода кластерного анализа. Это было сделано для того, чтобы выделить среди них однородные группы (кластеры) и оценить их количество (рис. 1).

Как видно из рисунка 1, на дендрограмме, сформированной 106 терминальными группами (по числу исследованных res-хронологий), по количеству пересечений линии, проходящей на уровне евклидова расстояния 9,8, выделяется 3 кластера и при евклидовом расстоянии 3,3 — 11 подкластеров. Поскольку в данном случае использовался иерархический алгоритм кластеризации, однозначных решений о числе кластеров (подкластеров) не существует. Исходя из задач исследования и с учетом территориального расположения ВПП, для дальнейших исследований было построено 11 региональных res-хронологий. Во внимание был принят тот факт, что 11 подкластеров на дендрограмме могут быть четко отделены друг от друга прямыми линиями.

На рисунке 2 представлена карта районирования Беларуси по динамике прироста поздней древесины.

В таблице 1 представлены некоторые статистические характеристики прироста поздней древесины у сосняков мшистых для 11-ти региональных raw-хронологий.

Если рассматривать среднюю ширину ПД, то наибольшие значения характерны для raw-хронологий №1.4, №2.1 и №1.3, наименьшие — для raw-хронологий №3.3, №3.5 и №1.2. Значения минимумов и максимумов для всех хронологий отличаются в среднем в 2 раза; они характеризуют амплитуду изменчивости поздней древесины с учетом влияния возрастного тренда. Отметим, что приведенные сведения в большей степени носят описательный характер, поскольку для того, чтобы оценить, какие территории наиболее благоприятны для формирования поздней древесины, необходимо произвести расчеты %-го содержания ПД в годичном кольце. В данной работе такие расчеты не проводились.

Таблица 1.

Результаты сравнения параметров поздней древесины в raw-хронологиях, мм

№№ ДКХ	Ширина поздней древесины		
	M_x	Min	Max
raw 1.1	0,68	0,49	0,9
raw 1.2	0,50	0,33	0,71
raw 1.3	0,71	0,5	0,91
raw 1.4	0,73	0,45	0,93
raw 2.1	0,72	0,5	1,05
raw 2.2	0,69	0,5	0,94
raw 3.1	0,52	0,37	0,74
raw 3.2	0,69	0,47	1,11
raw 3.3	0,49	0,36	0,66
raw 3.4	0,51	0,34	0,72
raw 3.5	0,49	0,33	0,75

Примечание. M_x — среднее значение, Min — минимум, Max — максимум

Основные статистические характеристики региональных res-хронологий приведены в таблице 2.

Взаимная корреляция локальных хронологий в выделенных районах (кластерах) оказалась достаточно высокой (0,53–0,66), синхронность изменяется в пределах от 70 до 85 %, поэтому можно говорить о том, что во всех ДКХ содержится общий для района климатический сигнал. Для региональных хронологий наблюдаются значения стандартного отклонения в диапазоне 0,10–0,12. Разработанные ДКХ показывают невысокий коэффициент чувствительности (0,13), что во многом связано с тем, что климатические показатели в регионе исследования очень редко выходят за пределы оптимальных значений для роста сосны. При этом обращает на себя внимание более высокая чувствительность res-хронологий северных районов Беларуси к внешним факторам, чем южных (в 1,2 раза), т.е. именно они в большей степени подвержены влиянию климатических факторов. В то время как

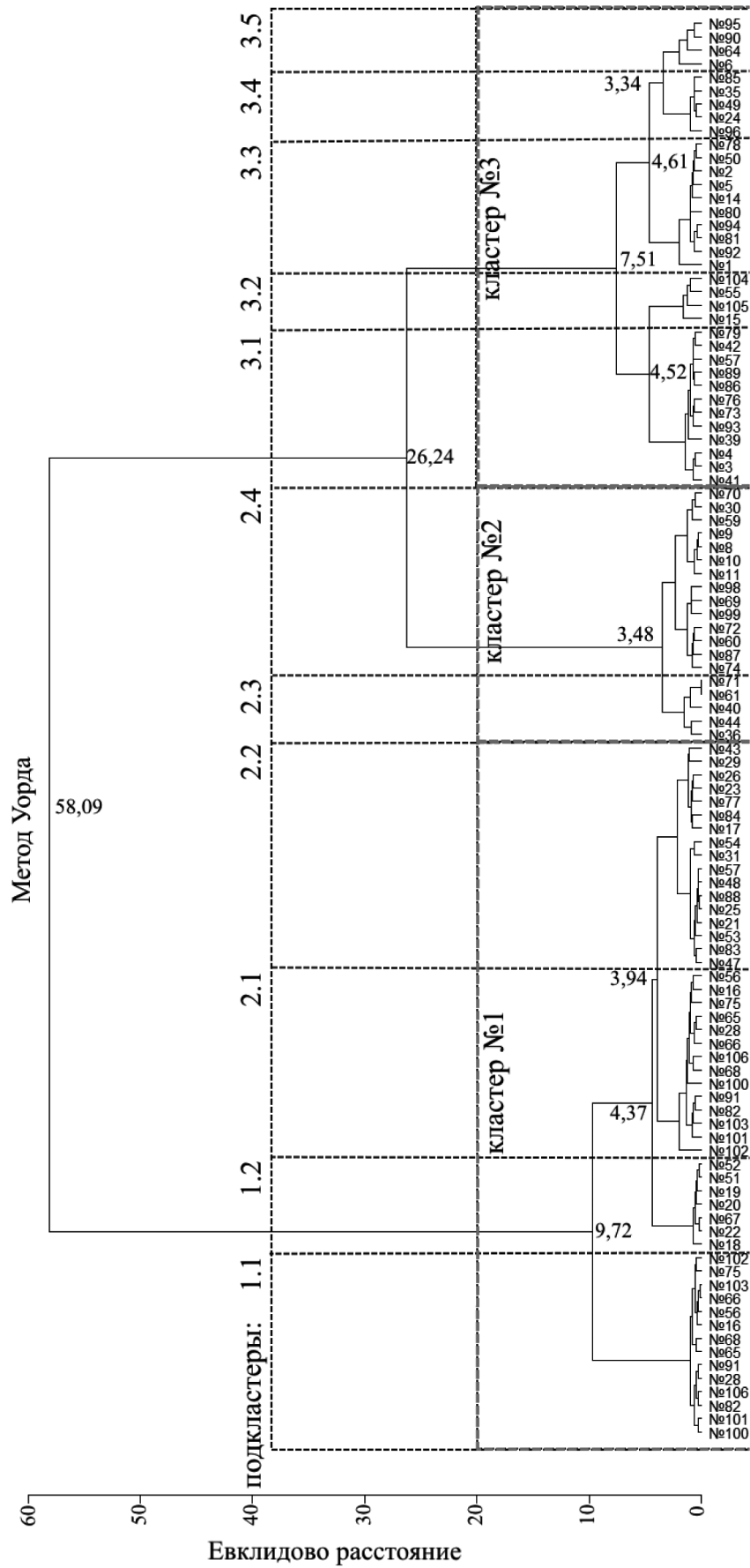


Рис. 1. Горизонтальная дендрограмма распределения исследованных ВПП по кластерам

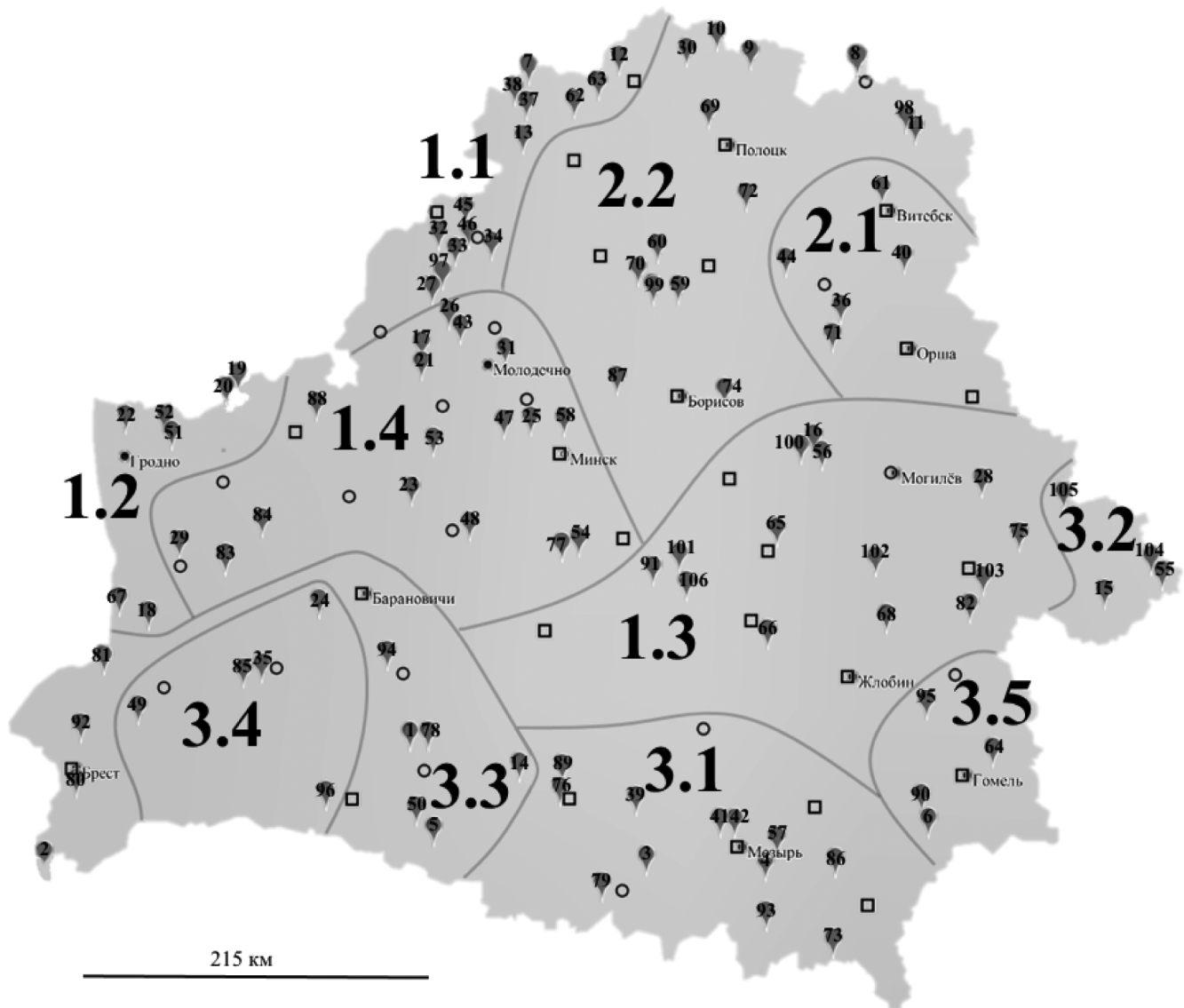


Рис. 2. Схема размещения ВПП (разделение на районы осуществлено по результатам кластерного анализа) и метеостанций (□ — действующие, ○ — не действующие по состоянию на 11.03.2024 г.)

для древесно-кольцевых хронологий по общей ШГК Ермахиным М.В. установлена обратная ситуация [4, с. 444]. Коэффициент асимметрии положительный и изменяется от 0,16 до 0,81, что указывает на асимметричность ДКХ. В *res*-хронологиях автокорреляция практически полностью подавлена (коэффициенты близки к нулю). Выделенные путем расчета значений собственных векторов в общей изменчивости прироста по ширине ПД главные компоненты демонстрируют, что основная дисперсия в ДКХ приходится на первые три компоненты и в среднем составляет более 65 %. Процентная часть дисперсии у *res*-хронологий 1, 5, 7 и 8 максимальная и составляет 78 %.

На рисунке 3 представлены региональные *res*-хронологии по поздней древесине.

Сравнительный анализ минимумов и максимумов прироста (таблица 3), т.е. тех лет, на которые для 80 и более % деревьев из ДКХ приходится снижение или увеличение прироста текущего года более чем на 20 % в сравнении с годом предыдущим показал, что максимальное число (29) наблюдается для *res*-хронологии 3.1, минимальное (21) для *res*-хронологии 3.4.

С использованием данных метеорологических станций проанализировано влияние среднемесячных температур воздуха и количества осадков на динамику прироста поздней древесины с целью выявления факторов, определяющих прирост сосняков мшистых (*Pinetum pleurozium*).

На рисунке 4 представлены рассчитанные коэффициенты корреляции и коэффициенты функции отклика

Таблица 2.

Статистические показатели региональных и res-хронологий по ширинам поздней древесины

№№ДКХ	±SD	SNS	As	Автокорреляция		r	% дисперсии			ΣPC1-PC3
				lag 1	lag 2		PC1	PC2	PC3	
Ширина годичного кольца										
res 1.1	0,12	0,14	0,38	0,002	0,047	0,60	68	6	4	78
res 1.2	0,11	0,12	0,42	0,004	0,069	0,59	70	6	2	78
res 1.3	0,11	0,12	0,55	0,006	0,087	0,59	60	8	7	75
res 1.4	0,11	0,12	0,22	-0,001	0,055	0,61	56	6	4	66
res 2.1	0,12	0,14	0,19	0,001	0,001	0,54	51	16	8	76
res 2.2	0,11	0,13	0,16	-0,001	0,052	0,53	54	7	6	67
res 3.1	0,12	0,11	0,47	0,000	-0,022	0,63	68	4	2	75
res 3.2	0,10	0,12	0,81	0,001	0,032	0,59	65	5	2	72
res 3.3	0,11	0,12	0,29	0,002	0,059	0,64	70	2	3	75
res 3.4	0,11	0,12	0,22	0,004	0,001	0,66	71	4	3	78
res 3.5	0,11	0,12	0,70	-0,001	-0,01	0,66	65	9	4	78

Примечание. SD — стандартное отклонение, SNS — коэффициент чувствительности, As — коэффициент асимметрии, lag 1 и lag 2 — автокорреляция первого и второго порядка, r — коэффициент корреляций локальных древесно-кольцевых хронологий, PC — главная компонента

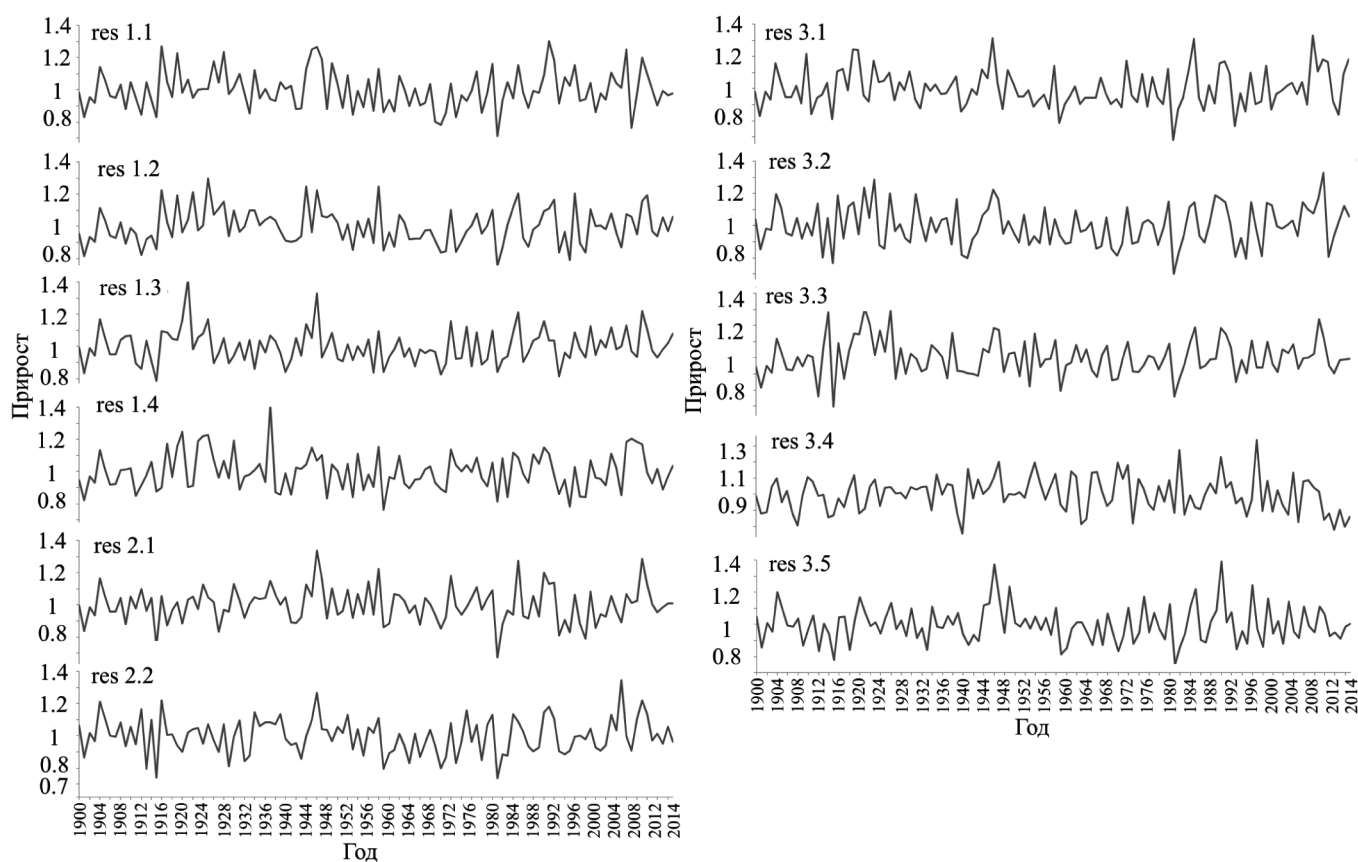


Рис. 3. Локальные res-хронологии по ширинам поздней древесины

Таблица 3.

Минимумы и максимумы прироста для 11-ти региональных res-хронологий по ширине поздней древесины

res 1.1	res 1.2	res 1.3	res 1.4	res 2.1	res 2.2	res 3.1	res 3.2	res 3.3	res 3.4	res 3.5
1904 (24)	1904 (24)	1904 (24)	1904 (22)	1904 (25)	1904 (26)	1904 (24)	1904 (23)	1904 (23)	1909 (23)	1904 (26)
1913 (24)	1916 (43)	1913 (20)	1917 (30)	1915 (-29)	1912 (23)	1910 (34)	1912 (21)	1912 (-25)	1920 (-21)	1912 (-21)
1916 (54)	1919 (28)	1916 (39)	1921 (-28)	1916 (42)	1913 (-32)	1911 (-31)	1913 (-29)	1913 (40)	1935 (25)	1913 (21)
1919 (29)	1925 (29)	1921 (22)	1923 (30)	1944 (22)	1914 (38)	1915 (-22)	1914 (30)	1914 (21)	1941 (53)	1916 (35)
1929 (-21)	1944 (33)	1922 (-31)	1930 (25)	1946 (27)	1915 (-33)	1916 (36)	1915 (-27)	1915 (-46)	1948 (-21)	1919 (22)
1934 (32)	1945 (-23)	1926 (-23)	1931 (-26)	1948 (-21)	1916 (66)	1919 (26)	1916 (55)	1916 (57)	1961 (28)	1934 (33)
1944 (28)	1946 (27)	1935 (21)	1937 (51)	1949 (20)	1929 (-25)	1921 (-23)	1917 (-23)	1917 (-21)	1963 (-27)	1944 (25)
1948 (-26)	1954 (21)	1944 (21)	1938 (-38)	1956 (22)	1930 (23)	1923 (27)	1918 (22)	1918 (21)	1965 (34)	1946 (21)
1949 (32)	1958 (40)	1946 (26)	1948 (-24)	1958 (30)	1932 (-23)	1940 (-20)	1921 (23)	1926 (24)	1970 (24)	1949 (30)
1952 (23)	1959 (-32)	1947 (-30)	1949 (25)	1959 (-30)	1934 (31)	1946 (24)	1923 (-32)	1927 (-33)	1973 (-31)	1959 (-26)
1953 (-23)	1962 (23)	1958 (31)	1954 (32)	1961 (21)	1956 (20)	1947 (-22)	1924 (41)	1928 (22)	1974 (34)	1968 (23)
1958 (30)	1972 (30)	1959 (-23)	1955 (-21)	1972 (28)	1959 (-29)	1949 (28)	1926 (34)	1938 (33)	1982 (44)	1973 (-20)
1959 (-24)	1973 (-24)	1972 (30)	1958 (28)	1981 (-38)	1965 (22)	1958 (31)	1931 (32)	1939 (-20)	1983 (-32)	1975 (24)
1962 (26)	1981 (-31)	1973 (-20)	1959 (-34)	1982 (31)	1972 (25)	1959 (-31)	1939 (-30)	1948 (-22)	1990 (22)	1980 (24)
1969 (-22)	1986 (-23)	1975 (21)	1960 (27)	1985 (36)	1973 (-23)	1972 (32)	1940 (25)	1952 (25)	1997 (38)	1981 (-34)
1972 (21)	1993 (-28)	1976 (-22)	1972 (30)	1986 (-27)	1975 (20)	1977 (21)	1956 (-21)	1953 (-25)	1998 (-33)	1986 (-26)
1973 (-20)	1996 (53)	1977 (24)	1981 (-23)	1990 (30)	1978 (-20)	1980 (24)	1961 (22)	1954 (40)	1999 (21)	1990 (28)
1978 (-23)	1997 (-25)	1981 (-23)	1982 (33)	1993 (-29)	1979 (26)	1981 (-39)	1965 (20)	1959 (-28)	2004 (30)	1991 (-27)
1981 (-39)	1999 (32)	1986 (-25)	1983 (-22)	1996 (28)	1981 (-35)	1982 (28)	1971 (25)	1969 (-20)	2005 (-27)	1993 (-21)
1982 (31)	2006 (24)	1993 (-22)	1984 (33)	1999 (37)	1982 (21)	1986 (-28)	1972 (-20)	1981 (-30)	2006 (30)	1996 (41)
1985 (22)	2009 (22)	1999 (21)	1996 (31)	2000 (-21)	1984 (30)	1990 (27)	1980 (-39)	1986 (-22)		1997 (-22)
1993 (-23)		2009 (30)	1999 (27)	2009 (26)	1990 (24)	1993 (-30)	1991 (-20)	1993 (-20)		1999 (35)
2006 (24)			2003 (21)		2005 (31)	1994 (26)	1994 (44)	1996 (22)		2003 (29)
2007 (-39)			2006 (39)		2006 (-26)	1996 (28)	2005 (22)	2009 (21)		2006 (21)
2008 (28)					2008 (22)	1999 (25)	2010 (-39)			
2009 (23)						2000 (-24)				
						2008 (48)				
						2012 (-21)				
						2014 (30)				

Примечание. Минимумы прироста выделены жирным шрифтом

для региональных res-хронологий по ширине поздней древесины с месячными суммами осадков и среднемесячными температурами за период с января по сентябрь текущего года и с сентября по декабрь предыдущего года роста дерева (статистически значимые значения ($p < 0,05$) показаны темным цветом на гистограммах и квадратными маркерами на линиях).

Анализ коэффициентов корреляции показал следующие результаты. В дендрохронологически однородном по приросту поздней древесины районе №1, состоящем из 4 подрайонов, res-хронология 1.1 отрицательно коррелирует с температурой декабря предшествующего года ($r = -0,21$) и осадками марта текущего года ($r = -0,20$); res-хронология 1.2 положительно коррелирует с температурой сентября ($r = 0,25$) и осадками октября ($r = 0,24$) предшествующего года, отрицательно коррелирует с осадками марта текущего года ($r = -0,22$); res-хронология 1.3 положительно ($r = 0,20$), а res-хронология 1.4 отрицательно ($r = -0,34$) коррелируют с температурой сентября предшествующего года. В рай-

оне №2, состоящем из 2 подрайонов, res-хронология 2.1 положительно коррелирует с осадками июня ($r = 0,22$) и июля ($r = 0,21$), а res-хронология 2.2 с температурой января текущего года ($r = 0,34$). В районе №3, состоящем из 5 подрайонов, res-хронология 3.1 положительно коррелирует с осадками октября предшествующего года ($r = 0,25$) и осадками апреля ($r = 0,25$) и июня ($r = 0,28$) текущего года; res-хронологии 3.2 и 3.3 положительно коррелируют с температурой сентября (среднее = 0,21), осадками октября ($r = 0,21$) (res 3.2) и ноября ($r = 0,20$) (res 3.3) предшествующего года; res-хронология 3.4 отрицательно коррелирует с осадками февраля ($r = -0,22$), июня ($r = -0,27$) и июля ($r = -0,32$) текущего года; хронология 3.5 отрицательно коррелирует с осадками марта ($r = -0,30$) текущего года.

Анализ функции отклика, которая, в отличие от корреляционных связей, учитывает взаимную корреляцию климатических параметров что, уменьшает вероятность обнаружения случайных корреляционных связей с приростом деревьев, для res-хронологий 1.4, 2.2, 3.2 и 3.4

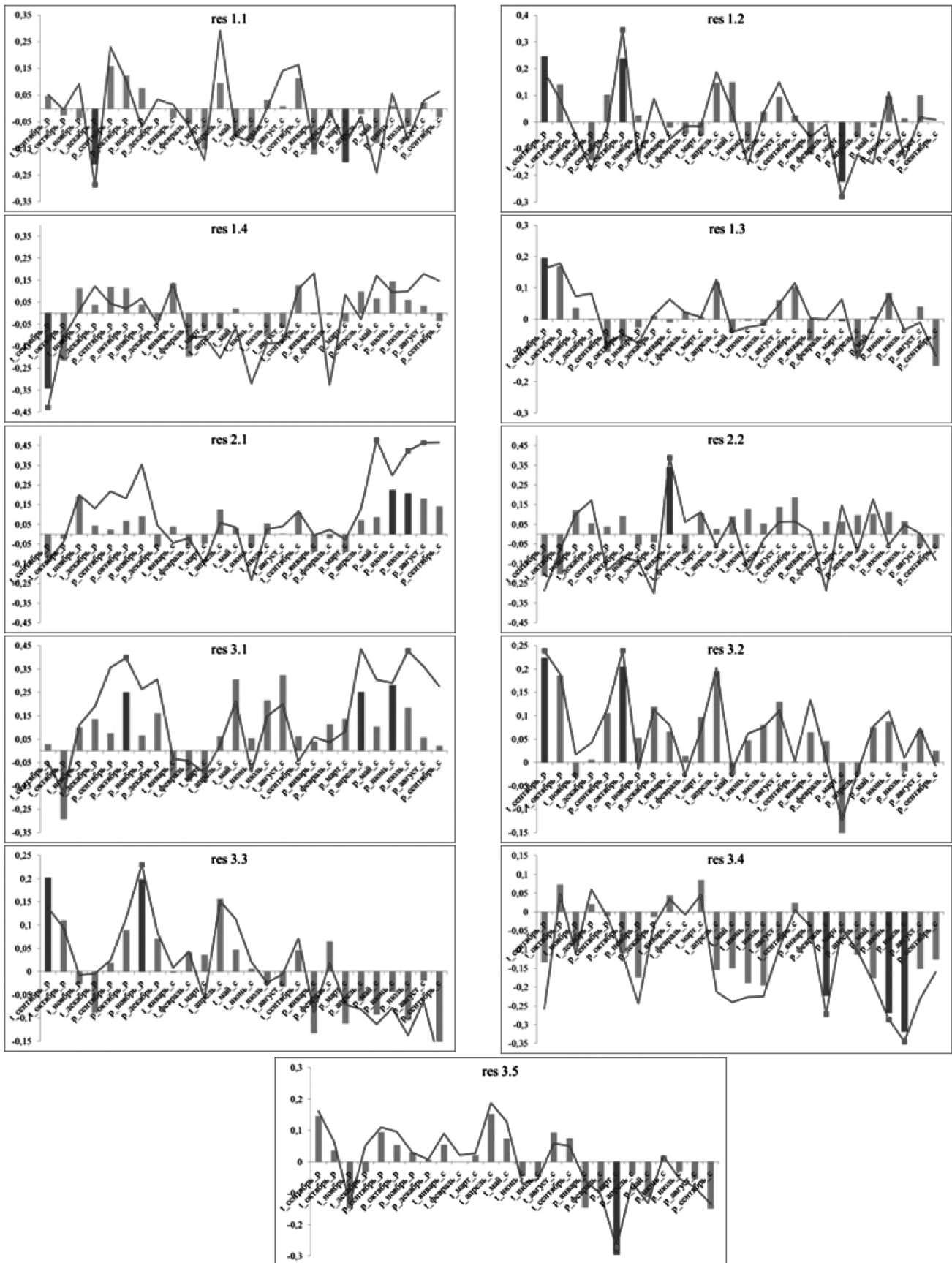


Рис. 4. Коэффициенты корреляции (гистограммы) и коэффициенты функций отклика (линии), р — осадки, т — температура; с — текущий год, р — предыдущий год

показал те же результаты, что и корреляционный анализ. Для *res*-хронологий 1.1., 1.2 и 3.3. значимые функции отклика совпали не со всеми значимыми коэффициентами корреляции, но в целом результаты оказались схожи. Для *res*-хронологий 2.1 и 3.1 наблюдалась некоторая несогласованность между рассчитанными коэффициентами корреляции и функциями отклика. У *res*-хронологий 1.3 и 3.5 значимых функций отклика с температурами и осадками выявлено не было.

Следует отметить, что выявленные взаимосвязи между температурой, осадками и приростом поздней древесины находятся на уровне низкой статистической значимости ($p \leq 0,05 > 0,01$), реже на уровне средней силы ($p \leq 0,01 > 0,001$). Данный факт, вероятно, связан с тем, что, несмотря на присущее территории Беларуси разнообразие и динамичность элементов климата, ярко выраженные внешние факторы, лимитирующие прирост, здесь отсутствуют. Кроме того, сосна обыкновенная — это вид, произрастающий в широких пределах условий местобитаний, который имеет большую экологическую амплитуду.

Заключение

В процессе проведения исследований были получены новые данные, которые позволили доказать, что сосняки мшистые (*Pinetum pleurozium*), произрастающие на территории Беларуси, отличаются друг от друга

закономерной изменчивостью прироста поздней древесины. Экспериментально установлено, что вся совокупность *res*-хронологий (106) по поздней древесине разделилась на 3 дендрохронологически однородных района, в которых выделено от 2 до 5 подрайонов. По выделенным подрайонам были составлено 11 региональных *res*-хронологий. Может быть в порядке обсуждения сравнить ваше районирование с геоботаническим районированием и данными Ермохина по полной ШГС? Используя данные метеостанций о среднемесячных температурах воздуха и количестве осадков, проанализировано их влияние на динамику радиального прироста поздней древесины в выделенных подрайонах.

Полученные данные имеют общебиологическую направленность, но смогут найти применение и в сфере судебно-экспертной деятельности при проведении дендрохронологических экспертиз, которые в 2020 году включены в Перечень видов (подвидов) судебных экспертиз, проведение которых осуществляется государственными судебно-экспертными организациями (приложение к постановлению Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь от 26.10.2020 №9) [9, с.18]. Изучение ДКХ по ширине поздней древесины позволит повысить разрешающую способность дендрохронологического анализа, особенно при исследовании «благодушных» хронологий, датировать которые довольно трудно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болботунов А.А. Особенности сезонного годичного прироста древесины хвойных пород в насаждениях на севере Беларуси / А.А. Болботунов, Е.В. Дегтярева // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. Ф. Строительство. Прикладные науки. — 2020. — № 8. — С. 29–32.
2. Вихров В.Е. Прирост древесины сосны в связи с условиями обитания и изменениями погоды / В.Е. Вихров, Р.Т. Протасевич // Экология древесных растений: сб. науч. ст. — Минск, 1965. — С. 92–100.
3. Ермохин М.В. Влияние климатических факторов на радиальный прирост деревьев сосны, ели и дуба в Беловежской пуще / М.В. Ермохин, В.В. Савельев // Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования: сб. науч. ст. Минск: Белорусский Дом печати. — 2011. — № 6. — С. 28–44.
4. Ермохин М.В. Дендрохронологическое районирование сосны обыкновенной в Беларуси / М.В. Ермохин // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук. — 2020. — Т. 65, № 4. — С. 441–453. DOI: 10.29235/1029-8940-2020-65-4-441-453.
5. Изменчивость роста и «климат-реакции» сосны обыкновенной на приарктической территории / Пинаевская Е.А. [и др.] // Арктические исследования: от экстенсивного освоения к комплексному развитию: сб. тр. конф. — 2020. — С. 403–407.
6. Матвеев С.М. Климатический сигнал в радиальном приросте сосновых древостоев модальных типов леса Воронежской области / С.М. Матвеев // Лесохозяйственная информация. — 2017. — № 1. — С. 99–108.
7. Неверов Н.А. Радиальный рост сосны обыкновенной в условиях северной тайги / Н.А. Неверов, З.Б. Чистова, А.Л. Минеев // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. — 2022. — № 6. — С. 193–205. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-6-193-205.
8. Новаковский А.Б. ExStat—расширение Excel для статистической обработки данных в экологии / А.Б. Новаковский, И.В. Новаковская // Цианопрокарियोты/цианобактерии: систематика, экология, распространение: сб. тр. конф. — 2019. — С. 41–44.
9. Постановление Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь от 9 ноября 2020 г. № 11 «Об осуществлении деятельности по проведению судебных экспертиз» — 18 с.
10. Региональные эдафические и климатические особенности Белорусского Полесья в изменчивости радиального прироста сосны / Киселев В.Н. [и др.] // Природопользование. — 2014. — № 25. — С. 29–38.
11. Румянцев Д.Е. Дендроклиматический анализ роста сосны обыкновенной в условиях сосняка лещинового (Одинцовский район Московской области) / Д.Е. Румянцев, А.В. Черакшев // Уральский научный вестник. — 2017. — Т. 10, № 2. — С. 28–39.
12. Рыгалова Н.В. Сравнительный анализ древесно-кольцевых хронологий ленточных и островных боров на южной границе ареала сосны обыкновенной в Западной Сибири / Н.В. Рыгалова // География и природопользование Сибири. — 2017. — № 24. — С. 118–128.

13. Сравнительный анализ радиальных приростов хвойных лесообразователей в одинаковых лесорастительных условиях / Иванов В. П. [и др.] // Роль учебно-опытных лесхозов вузов России в подготовке кадров для лесного сектора: сб. тр. конф. — 2017. — С. 125–130.
14. Хвойные леса Беларуси в современных климатических условиях (дендроклиматический анализ) / Киселев В.Н. [и др.]. — Минск: Право и экономика, 2013. 201 с.
15. Хох А.Н. Индивидуальные признаки в строении годичных слоев и использование их для установления места произрастания / А.Н. Хох, П.С. Восканян, А.А. Петросян // Судебная экспертиза Беларуси. 2022. № 1. С. 76–82.
16. Associations between climate and earlywood and latewood width in boreal and Mediterranean Scots pine forests / Camarero J.J. [et al.]. — *Trees*. 2021. — Vol. 35. — P. 155–169. DOI: 10.1007/s00468-020-02028-0.
17. Brewer P.W. TRICYCLE: a universal conversion tool for digital tree-ring data / P. W. Brewer, D. Murphy, E. Jansma // *Tree-Ring Research*. — 2011. — Vol. 67, N 2. — P. 135–144. <https://doi.org/10.3959/2010-12.1>
18. Briffa K.R. Summer temperature patterns over Europe: a reconstruction from 1750 AD based on maximum latewood density indices of conifers / K.R. Briffa, P.D. Jones, F.H. Schweingruber // *Quaternary Research*. — 1988. — Vol. 30, N 1. — P. 36–52. DOI: 10.1016/0033-5894(88)90086-5.
19. Earlywood and latewood widths of *Picea chihuahuana* show contrasting sensitivity to seasonal climate / Cabral-Alemán C. [et al.] // *Forests*. — 2017. — Vol. 8, N 5. — P. 173. DOI: 10.3390/f8050173.
20. Holmes R.L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement / R.L. Holmes // *Tree-Ring Bulletin*. — 1983. —N 43. — P. 69–78.
21. Holmes R.L. User's manual for program ARSTAN. *Tree-Ring Chronologies of Western North America: California, Eastern Oregon and Northern Great Basin*. / R.L. Holmes, R.K. Adams, H.C. Fritts // University of Arizona, Tucson, 1986. — P. 50–56.
22. Kuznetsova V.V. Contrasting climate signals across a Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) tree-ring network in the Middle Volga (European Russia) / V.V. Kuznetsova, O.N. Solomina // *Dendrochronologia*. — 2022. — Vol. 73. — P. 125957.
23. Leavitt S.W. Isotope dendrochronology: historical perspective / S.W. Leavitt, J. Roden // *Stable Isotopes in Tree Rings: Inferring Physiological, Climatic and Environmental Responses*. — Cham: Springer International Publishing, 2022. — P. 3–20. DOI: 10.1007/978-3-030-92698-4_1.
24. Radaković N. Climate signals in earlywood, latewood and tree-ring width chronologies of sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) from Majdanpek, North-Eastern Serbia / N. Radaković, B. Stajić // *Drvna industrija*. — 2021. — Vol. 72, N 1. — P. 79–87. DOI: 10.5552/drvind.2021.2016.
25. Sharma A. Review of clustering methods: toward phylogenetic tree / A. Sharma, S. Jaloree, R.S. Thakur // *Proceedings of International Conference on Recent Advancement on Computer and Communication*. — Springer, Singapore, 2018. — P. 475–480. DOI: 10.1007/978-981-10-8198-9_50
26. Tree rings, wood density and climate-growth relationships of four Douglas-fir provenances in sub-Mediterranean Slovenia / Krajnc L. [et al.] // *Trees*. — 2023. — Vol. 37, N 2, — P. 449–465. DOI: 10.1007/s00468-022-02362-5.

© Хох Анна Николаевна (1ann1hoh@gmail.com); Звягинцев Вячеслав Борисович (mycolog@tut.by)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВЗАИМОСВЯЗЬ МИКРОСТРУКТУРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦЕРЕБРАЛЬНЫХ ПУЧКОВ БЕЛОГО ВЕЩЕСТВА С УРОВНЕМ ВНИМАНИЯ МАЛЬЧИКОВ 9–15 ЛЕТ ПО ДАННЫМ ДМРТ

THE RELATIONSHIP OF MICROSTRUCTURAL PARAMETERS OF CEREBRAL WHITE MATTER BUNDLES WITH THE ATTENTION OF BOYS AGED 9–15 YEARS ACCORDING TO DMRI

I. Chadova

Summary. An improvement in attention indicators (increased accuracy and reduced response time) was found for male schoolchildren aged 9–15 years with an increase in fractional anisotropy (myelination and axon level) of the corpus callosum and the first segment of the superior longitudinal fasciculus (SLF₁), registered by dMRI. For the corpus callosum, such results were obtained when performing lighter tasks, for the SLF₁ — when performing tasks of increased complexity.

Keywords: diffusion-weighted MRI, fractional anisotropy, men, attention, bundles of white matter.

Чадова Инна Николаевна

К.б.н., доцент, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»
innachadova@yandex.ru

Аннотация. В ходе работы установлено улучшение показателей внимания (повышение точности и уменьшение времени ответа) школьников мужского пола 9–15 лет при повышении фракционной анизотропии (миелинизация и уровень аксонов) мозолистого тела и первого сегмента верхнего продольного пучка (ВПП₁), зарегистрированной методом дМРТ. Для мозолистого тела такие результаты получены при выполнении более легких заданий, для ВПП₁ пучка — при выполнении заданий повышенной сложности.

Ключевые слова: диффузионно-взвешанная МРТ, фракционная анизотропия, лица мужского пола, внимание, пучки белого вещества.

Внимание — важнейшая составляющая психической познавательной деятельности, связанная с сосредоточением на каком-либо предмете или явлении, а также неотъемлемый компонент рабочей памяти, позволяющий оперировать информацией в короткие промежутки времени. Уровень развития данной функции оказывает влияние как на интеллектуальные, так и на эмоционально-поведенческие характеристики человека [1].

В настоящее время среди подрастающего поколения с высокой частотой — в 80 % случаев отмечается снижение способности к концентрации внимания, проявляющееся особенно выражено в школьный период, связанный с возрастающей когнитивной нагрузкой. Это негативным образом сказывается на успеваемости учеников, их поведенческих реакциях и, как следствие, снижает качество образования [2].

Кроме того, школьный период приходится на возрастные этапы (младший школьный и подростковый), отличающиеся повышенной нейропластичностью, в течение которых под влиянием мотивационной сферы, интенсивности интеллектуальной нагрузки формируются и закрепляются основные когнитивные навыки, в том числе способность к концентрации внимания [3]. Следовательно, недостаточный уровень развития внимания в соответствующий период будет негативно влиять на его показатели в дальнейшем.

В этой связи, глубокое изучение механизмов и структур, лежащих в основе реализации данной функции, особенно на этапах ее становления, представляется весьма важным, в том числе для разработки профилактических мероприятий (например, в виде тренингов).

К числу подобных структур, наряду с областями головного мозга, ответственными за выполнение определенных задач в рамках реализации процесса внимания, относятся функционально объединяющие их пучки белого вещества: двусторонние верхний продольный пучок, включающий три сегмента (ВПП1, ВПП2, ВПП3), дугообразный пучок (ДП) и мозолистое тело [4].

Для оценки уровня микроструктурного развития белого вещества головного мозга в настоящее время применяют неинвазивный метод диффузионно-взвешенной магнито-резонансной томографии (дМРТ), позволяющий количественно измерить диффузию молекул воды в биологических тканях, с учетом ее ограничения многочисленными препятствиями (стенки клеток, нейронные тракты). На основе измерения тензора диффузии определяется вектор ее максимального направления и благодаря использованию специализированных программ генерируется информация о геометрическом строении пучков белого вещества головного мозга, а также производится их 3D-визуализация. Затем рассчитываются значения фракционной анизотропии, которая соглас-

но более ранним исследованиям [5], отражает количественный уровень аксонов и степень миелинизации белого вещества.

Большинство работ, посвященных оценке связи степени микроструктурного развития пучков белого вещества (по данным дМРТ) с уровнем внимания, касаются преимущественно лиц зрелого возраста [3,6]. В свою очередь отмечается дефицит подобных исследований, проведенных в отношении лиц школьного возраста, особенно с учетом полового аспекта.

Таким образом, цель работы: выявление корреляционных связей между уровнем фракционной анизотропии мозолистого тела, ВПП_{1,2,3'}, ДП лиц мужского пола 9–15 лет и показателями (времени и точности ответа) их внимания.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие лица мужского пола 9–15 лет ($n=18$). Регистрация МРТ производилась на высокопольном магнито-резонансном томографе GE Healthcare Brivo MR355 (напряженность магнитного поля 1,5 Т). Протокол исследования включал в себя T2, T1 импульсные последовательности, а также диффузионно-тензорную последовательность (DTI) для оценки трактов и вычисления значений фракционной анизотропии со значение b-фактора 0 с/мм² и 1000 с/мм², изотропным вокселем — 5 мм. Диффузия воды измерена по 12 направлениям. Полученные при регистрации МРТ изображения обрабатывались на рабочей станции AW VolumShare 5 с использованием программных приложений Viewer, Reformat и Ready View. Дальнейшая обработка происходила с применением программы OsiriX v5.8.2 в приложении DTImap для построения карт на основе фракционной анизотропии, Diffusion Toolkit — для вычисления диффузионного тензора; «Trackvis» — для построения 3D изображения нервных трактов и определения коэффициента фракционной анизотропии (рис. 1).

Для оценки уровня зрительного внимания (время реакции и точность ответов) выбран видоизмененный 1-back тест — colour matching task (CMT) [7]. Это обусловлено тем, что CMT активизирует сразу три составляющие внимания: бдительность, ориентировочную реакцию и исполнительный контроль, что способствует получению наиболее объективных и точных результатов в отношении данной функции.

Тестирование осуществлялось с использованием стандартного персонального компьютера. Испытуемым предлагалось наиболее быстро и точно сопоставить представленные на мониторе в виде воздушных шаров цветовых наборов на текущем и последующем слайде на каждом этапе исследования с игнорированием отвле-

кающих зеленых и синих шаров (сигналов — дистракторов). Время демонстрации каждого слайда составляло 3 секунды с интервалом 1 с. Испытуемые инструктировались нажимать клавишу (·), если цвета предыдущего и текущего рисунков совпадали, либо клавишу (/) в противоположном случае. Неверные ответы или ответы, представленные позднее предъявления стимула, не засчитывались.

Тест включал 6 блоков заданий, соответствующих 6-ти уровням сложности, каждый из которых включал по 8 стимулов (слайдов). Сложность заданий последовательно возрастала от 1 к 6: переход от одного уровня сложности к другому сопровождался увеличением количества цветов на 1.

Каждый блок заданий испытуемые выполняли по 4 раза. При этом фиксировалось время ответа и его точность. Точность внимания для каждого отдельного блока заданий вычислялась, как отношение всех правильно выполненных за 4 попытки заданий к максимальному числу верных ответов.

Статистическая обработка результатов осуществлялась с использованием STATISTICA 10.0., включала корреляционный анализ, проводимый между значениями фракционной анизотропии пучков белого вещества школьников и показателями их внимания (времени и точности ответа), установленными для каждого уровня сложности (1–6).

Результаты и обсуждение

В ходе исследования выявлено улучшение показателей внимания школьников — повышение точности и снижение времени ответа на фоне роста фракционной анизотропии в ВПП₁ пучке и в разных сегментах мозолистого тела, отражающей количественный уровень аксонов и степень миелинизации [5].

Рассмотрим полученные результаты более детально в отношении топографии установленных связей и уровней сложности заданий, при выполнении которых они обнаружены.

Точность ответов лиц мужского пола 9–15 лет возрастала на фоне повышения фракционной анизотропии в колоне, стволе, больших и малых щипцах мозолистого тела при ответе на задания самого простого — первого уровня сложности. Увеличение данного показателя в больших щипцах, диффузно объединяющих затылочные области обоих полушарий головного мозга [8], также сопровождалось повышением точности выполнения заданий 2-го и 3-го уровней сложности. Это согласуется с относительно недавно полученными данными об участии затылочных областей в реализации эндогенного внимания [9].

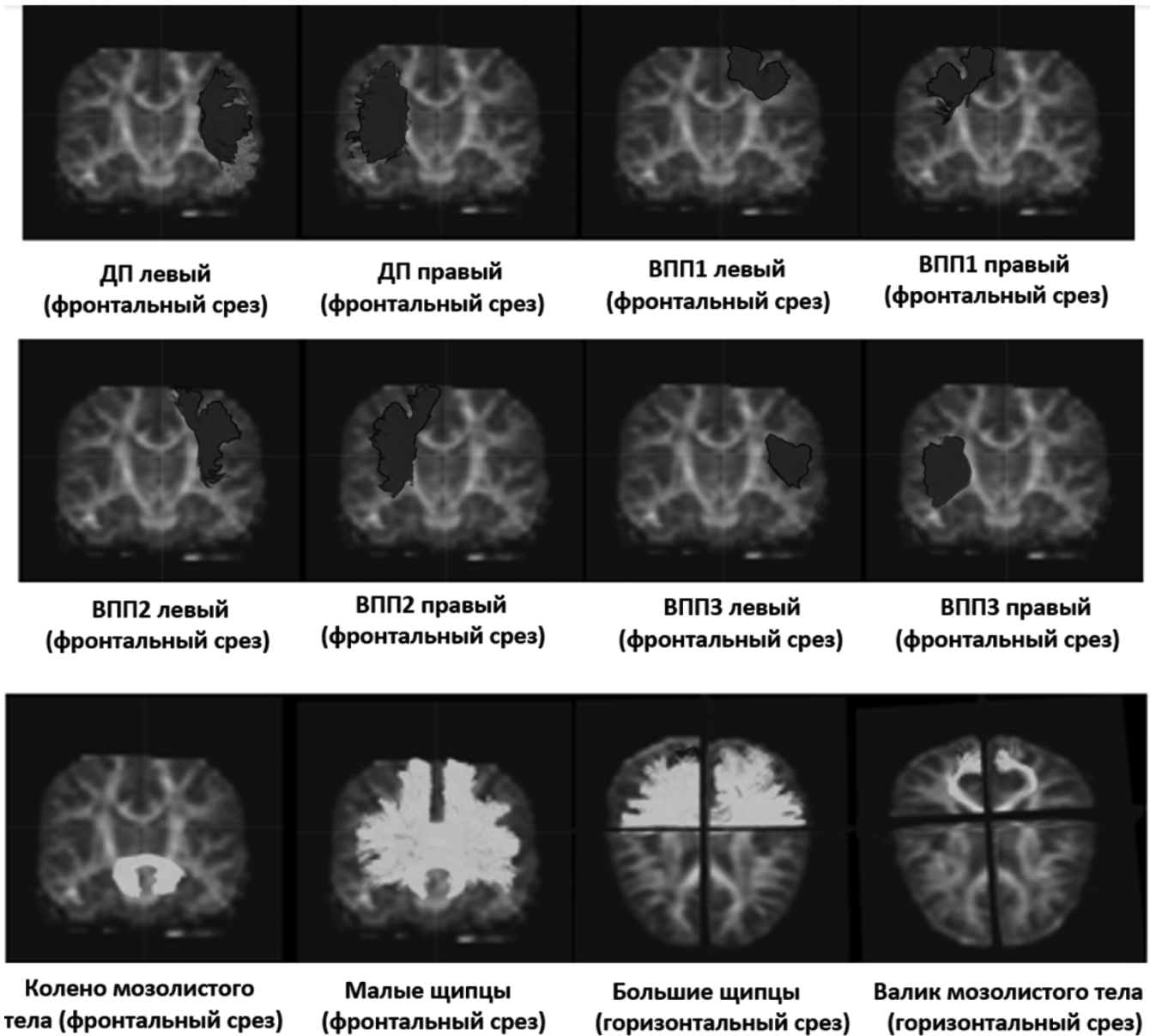


Рис. 1. Трехмерная визуализация пучков белого вещества головного мозга на основе дМРТ
 (ВПП₁ — верхний продольный пучок; ВПП₂ — верхний продольный пучок;
 ВПП₃ — верхний продольный пучок (третий сегмент); ДП — дугообразный пучок)

В свою очередь улучшение показателей внимания при возрастании фракционной анизотропии в колене и в малых щипцах мозолистого тела, связывающих фронтальные области обеих гемисфер [8], отражает активизацию «передней системы внимания» [10], ответственной за исполнительную функцию, определение цели задачи и разрешение конфликта между конкурирующей информацией. Похожие результаты, установленные с большей степенью статистической значимости в отношении ствола мозолистого тела, указывают на участие функционально объединяемых им аналогичных задних частей лобных долей и теменных долей обоих полушарий головного мозга в рассматриваемом процессе.

Однако при выполнении испытуемыми более сложных заданий подобных связей в отношении мозолистого тела не обнаружено, зато они получены для левого ВПП₁ пучка — при прохождении тестовых заданий 5-го уровня сложности. Так как ВПП₁ пучок функционально объединяет верхнюю лобную извилину, вовлеченную в проверку принятия решений [11], с верхней теменной областью, связанной с ориентационным вниманием [10], можно прийти к выводу, что задания соответствующего уровня требуют большего контроля внимания. Это объясняет то, что на фоне возрастания фракционной анизотропии данного пучка наряду с повышением точности отмечается также увеличение времени ответа, вероятно, отражающее более длительную когнитивную обработку поступившей информации.

Таблица 1.

Корреляции ($p < 0,05$) между значениями фракционной анизотропии церебральных пучков белого вещества и значениями показателей внимания (точностью и временем ответа) лиц мужского пола 9–15 лет

Пучки бел. в-ва	Большие щипцы	Малые щипцы	Колено мозол. тела	Ствол мозол. тела	ВПП ₁ лев.	ВПП ₁ пр.	ВПП ₂ пр.	ДП пр.
Уровни сложности	Точность ответа							
	1	0,62	0,71	0,58	0,71			
	3	0,64						
	4	0,63						
	5				0,57			
	Время ответа							
	1	-0,62	-0,61	-0,62	-0,61	-0,68	-0,7	
	5					0,63	0,62	0,7

($p < 0,05$)

ВПП₁ — верхний продольный пучок (первый сегмент); ВПП₂ — верхний продольный пучок (второй сегмент); ВПП₃ — верхний продольный пучок (третий сегмент); ДП — дугообразный пучок; лев. — левый; пр. — правый

Полученные результаты, по всей видимости, демонстрируют различные стратегии, лежащие в основе внимания лиц мужского пола 9–16 лет: участие мозолистого тела в выполнение заданий, не требующих большого объема внимания и, напротив, вклад ВПП1 пучка в реализацию сложных когнитивных задач, для которых необходима значительная его концентрация. Можно предположить, что среди других рассматриваемых комиссур, вовлеченных в процессы внимания, мозолистое тело, являясь срединной, а значит наиболее рано формирующейся церебральной структурой [3,4], первой в ходе онтогенетического развития на свойственном для нее уровне, обеспечивает их реализацию. Это подтверждают данные о влиянии недоразвитости мозолистого тела на возникновение синдрома дефицита внимания и гиперактивности у мальчиков младшего школьного возраста [12]. Тот факт, что повышение микроструктурной зрелости рассматриваемого церебрального компонента никак не отражается на выполнении сложных заданий, может объясняться тем, что данная структура в каком-то смысле является помехой для реализации некоторых когнитивных задач, обеспечение которых требует независимого друг от друга функционирования полушарий головного мозга лиц мужского пола. Согласно С.У. Tang (2010), это обусловлено тем, что одновременное участие в подобных задачах у мужчин обоих полушарий, осуществляемое благодаря мозолистому телу, приводит к их конкуренции между собой и, соответственно, к снижению когнитивных показателей [4].

В этой связи, вовлеченные в функцию внимания двусторонние пучки белого вещества, не имеющие между собой межполушарных связей, по всей видимости, спо-

собствуют более успешному ее осуществлению. Вероятно поэтому ВПП₁ пучок, достигая необходимого уровня развития для полноценного включения в процессы внимания, оказывается наиболее эффективным для решения сложных когнитивных задач.

Таким образом, полученные в ходе исследования результаты продемонстрировали улучшение зрительного внимания лиц мужского пола 9–15 лет при выполнении заданий легкой и средней степени сложности на фоне повышения микроструктурной зрелости (увеличение фракционной анизотропии) почти во всех компонентах мозолистого тела. По всей видимости, такие данные отражают когнитивные стратегии, основанные на тесном межполушарном взаимодействии, предположительно, характерном для ранних периодов онтогенетического развития мальчиков, что делает их неуспешными при выполнении более сложных заданий. В отношении последних, наибольшую эффективность показал ВПП₁ пучок, повышению микроструктурных характеристик которого сопутствовало улучшение показателей внимания. Вероятно, стратегии, связанные с вовлечением в процессы внимания лиц мужского пола двусторонних латеральных, не оказывающих друг на друга в процессе когнитивной деятельности конкурирующего влияния комиссур, являются более зрелыми и, соответственно, более результативными для выполнения сложных заданий. Однако для подтверждения этого и для получения более подробной информации необходимы дальнейшие исследования, проведенные в менее широких возрастных диапазонах с использованием большей выборки испытуемых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ohtani T., Nestor P.G., Bouix S., Newell D., Melonakos E.D., Mccarley R.W., Shenton M.E., Kubicki M. Exploring the neural substrates of attentional control and human intelligence: diffusion tensor imaging of prefrontal white matter tractography in healthy cognition // *Neuroscience*. 2017. No.10 (1). PP. 52–60.
2. Chutko L.S., Surushkina S.Yu. Typology of impaired attention in children and related behavioral disorders. *Zhurnal Nevrologii i Psikhiiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2020. No. 120(2). PP.120–124. (In Russ.).
3. Geeraert B., Reynolds J., Lebel C. Diffusion imaging perspectives on brain development in childhood and adolescence. // *Oxford handbook on developmental cognitive neuroscience*. Oxford University Press. 2019. PP. 1–40.
4. Tang C.Y., Eaves E.L., Ng J.C., Carpenter D.M., Mai X., Schroeder D.H., Condon C.A., Colom R., Haier R.J. Brain networks for working memory and factors of intelligence assessed in males and females with fMRI and DTI // *Intelligence*. 2010. No. 38. PP. 293–303.
5. Tokariev, M., Vuontela, V., Lönnberg, P., Lano, A., Perkola, J., Wolford, E., Andersson, S., Metsäranta, M., & Carlson, S. Altered working memory-related brain responses and white matter microstructure in extremely preterm-born children at school age // *Brain and Cognition*. 2019. No. 136. PP. 1–14.
6. Левашкина И.М., Серебрякова С.В., Ефимцев А.Ю. Диффузионно-тензорная МРТ. Современный метод оценки микроструктурных изменений вещества головного мозга (обзор литературы) // *Вестник СПбГУ*. 2016. No. 11(4). PP. 39–54.
7. Owen A.M., McMillan K.M., Laird A.R., Bullmore E. N-back working memory paradigm: Ameta-analysis of normative functional neuroimaging studies // *Human Brain Mapping*. 2005. No. 25. PP. 46–59.
8. Добрынина Л.А., Кремнева Е.И., Шамтиева К.В., Гейнц А.А., Филатов А.С., Трубицына В.В., Бициева Э.Т., Бырочкина А.А., Ахметшина Ю.И., Максимов И.И., Кротенкова М.В. Нарушение микроструктурной целостности мозолистого тела по данным диффузионной МРТ как предиктор прогрессирования церебральной микроангиопатии. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2023;123(11):95–104.
9. Beffara B, Hadj-Bouziane F, Hamed SB, Boehler CN, Chelazzi L, Santandrea E, Macaluso E. Dynamic causal interactions between occipital and parietal cortex explain how endogenous spatial attention and stimulus-driven salience jointly shape the distribution of processing priorities in 2D visual space. *Neuroimage*. 119206. PMID 35427770 DOI: 10.1016/j.neuroimage.2022.119206
10. Posner MI, Petersen SE. The attention system of the human brain. *Annual Rev Neuroscience*. 1990;13(1):25–42.
11. Kamali A., Flanders A.E., Brody J., Hunter J.V., Hasan K.M., Tracing Superior Longitudinal Fasciculus Connectivity in the Human Brain using High Resolution Diffusion Tensor Tractography // *Brain Struct. Funct.* 2014. No. 219(1). PP. 269–81.
12. Cao Q., Sun L., Gong G., Lv Y., Cao X., Shuai L., Zhu C., Zang Y., Wang Y. The macrostructural and microstructural abnormalities of corpus callosum in children with attention deficit/hyperactivity disorder: A combined morphometric and diffusion tensor MRI study // *Brainresearch*. 2010. No. 1310. PP. 172–180.
13. Чадова И.Н. Динамика электроэнцефалографии женщин в течение репродуктивного периода онтогенеза // *Научное обозрение*. 2014. No. 1. PP. 145–150.
14. Vodolazhskaya M.G., Vodolazhskii G.I., Chadova I.N. Detailed Studies of Ontogenetic Changes in EEG Parameters in Men and Women during the Reproductive Period // *Neuroscience and Behavioral Physiology*. 2016. No. 46 (8). PP. 926–933.

© Чадова Инна Николаевна (innachadova@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА БЕЗОПАСНОСТЬ БЕЗНАЛИЧНЫХ ПЛАТЕЖЕЙ

THE IMPACT OF THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON THE SECURITY OF NON-CASH PAYMENTS

D. Abdourahman

Summary. The rapid shift from cash to cashless payment methods has transformed the financial industry, creating unprecedented convenience as well as significant security concerns. In response to increasingly sophisticated cyber threats, the use of artificial intelligence (AI) in securing payment systems has become critical. The use of artificial intelligence (AI) in cashless payments has revolutionized the security of cashless payments, providing increased security and efficiency to payment processes. This article explores the profound impact of artificial intelligence on cashless payment security, focusing on its role in fraud detection, prevention and authentication techniques. However, this article also examines the transformative impact of AI on the security of payment systems, discussing its benefits, challenges and future prospects.

Keywords: artificial intelligence; cybersecurity; non-cash payments; machine learning; deep learning; natural language processing.

Абдурахман Джамал Джама

Аспирант, Финансовый Университет
при Правительстве РФ, г. Москва, Россия
jamaljolevas14psg@gmail.com

Аннотация. Быстрый переход от наличных к безналичным методам оплаты изменил финансовую отрасль, создав беспрецедентное удобство, а также серьезные проблемы с безопасностью. В ответ на все более сложные киберугрозы применение искусственного интеллекта (ИИ) в обеспечении безопасности платежных систем приобрело решающее значение. Применение искусственного интеллекта (ИИ) в безналичных платежах произвело революцию в сфере безопасности безналичных платежей, обеспечив повышенную защиту и эффективность платежных процессов. В этой статье исследуется глубокое влияние искусственного интеллекта на безопасность безналичных платежей, уделяя особое внимание его роли в методах обнаружения, предотвращения и аутентификации мошенничества. Тем не менее, в этой статье также рассматривается преобразующее влияние ИИ на безопасность платежных систем, обсуждаются его преимущества, проблемы и перспективы на будущее.

Ключевые слова: искусственный интеллект, кибербезопасность, безналичные платежи, машинное обучение, глубокое обучение, обработка естественного языка.

Введение

Финансовый сектор переживает быструю трансформацию, поскольку цифровые платежные системы все чаще заменяют традиционные операции с наличными, предлагая большее удобство и эффективность. Однако этот переход также создает серьезные проблемы с безопасностью, поскольку киберпреступники разрабатывают передовые методы использования уязвимостей системы. Искусственный интеллект (ИИ) стал важнейшим решением для повышения безопасности платежной системы от этих угроз [1]. Технологии искусственного интеллекта, в частности машинное обучение и глубокое обучение, предоставляют возможности для обнаружения мошенничества в режиме реального времени, оценки рисков и проверки личности. Тем не менее, внедрение ИИ сопряжено с проблемами, такими как обеспокоенность по поводу конфиденциальности данных, проблемы с ложными срабатываниями и отрицательными результатами, а также постоянная адаптация киберпреступников. По мере развития технологии искусственного интеллекта ее роль в повышении безопасности безналичных платежей становится все более важной, обеспечивая более безопасную и устойчивую экосистему безналичных платежей.

1. Определение ИИ в контексте платежей

Искусственный интеллект (ИИ) — это отрасль информатики, ориентированная на создание систем, способных выполнять задачи, которые обычно требуют человеческого интеллекта, такие как обучение, понимание естественного языка, распознавание визуальных изображений и решение сложных проблем. Системы искусственного интеллекта используют сложные алгоритмы, которые имитируют процессы человеческого мозга для обучения, принятия решений и решения проблем. Их обучают на обширных наборах данных выявлять закономерности и тенденции, которые затем используют для принятия решений или прогнозов относительно новых данных. Этот процесс обучения, известный как машинное обучение, имеет основополагающее значение для многих приложений искусственного интеллекта, в том числе для онлайн-платежей. В контексте платежей, искусственный интеллект включает в себя использование алгоритмов машинного обучения, прогнозной аналитики, обработки естественного языка и других технологий для обработки, управления и защиты цифровых транзакций. Цель внедрения искусственного интеллекта состоит не в том, чтобы заменить вмешательство человека, а в том, чтобы усовершен-

ствовать и автоматизировать процессы, тем самым повышая эффективность и точность.

2. Технология искусственного интеллекта в платежах

Технология искусственного интеллекта в платежных системах сочетает в себе передовые вычислительные методы и инновационные алгоритмы для повышения безопасности, эффективности и общей функциональности [1]. Каждый из ключевых компонентов — машинное обучение, глубокое обучение, обработка естественного языка, биометрия и облачные вычисления — играет уникальную роль в совершенствовании платежных систем. Вот подробный обзор этих технологий:

2.1. Машинное обучение (МО)

Машинное обучение (МО) — это разновидность искусственного интеллекта (ИИ), которая фокусируется на разработке алгоритмов и статистических моделей, которые позволяют компьютерам выполнять задачи без явных инструкций. Обучаясь на данных, эти модели могут выявлять закономерности, принимать решения и со временем совершенствоваться с опытом. Машинное обучение имеет решающее значение для анализа больших объемов данных транзакций. Существуют различные типы машинного обучения, каждый из которых подходит для конкретных задач:

- *Контролируемое обучение (Supervised Learning)* обучает алгоритмы на маркированных наборах данных для обнаружения мошенничества путем выявления закономерностей, указывающих на подозрительную активность.
- *Обучение без учителя (Unsupervised Learning)* обнаруживает скрытые закономерности в неразмеченных данных, что важно для обнаружения аномалий и выявления необычного поведения транзакций.
- *Обучение с подкреплением (Reinforcement Learning)* улучшает процессы принятия решений посредством проб и ошибок, что полезно для динамического управления рисками, когда необходимы корректировки в реальном времени.

2.2. Глубокое обучение

Глубокое обучение расширяет возможности нейронных сетей, которые имитируют функции человеческого мозга и позволяют распознавать сложные закономерности. Сверточные нейронные сети (CNN) особенно эффективны при обработке данных изображений, что делает их ценными для распознавания лиц и других методов биометрической проверки. Рекуррентные нейронные сети (RNN) превосходно справляются с анализом последовательных данных, что имеет решающее значе-

ние для обработки естественного языка и обнаружения мошенничества в последовательностях транзакций. Эти технологии позволяют системам постоянно учиться и адаптироваться, улучшая их способность выявлять возникающие угрозы и реагировать на них.

2.3 Обработка естественного языка (NLP)

Обработка естественного языка (NLP) жизненно важна для систем искусственного интеллекта для анализа и понимания человеческого языка. Эта возможность используется для обнаружения попыток фишинга и других атак социальной инженерии путем анализа текстовых данных из электронных писем, журналов чатов и других каналов связи. Распознавание голоса, разновидность NLP, преобразует разговорную речь в текст и проверяет личность говорящего, добавляя дополнительный уровень безопасности для систем голосовых транзакций.

2.4. Биометрия

Биометрия повышает безопасность благодаря уникальным биологическим характеристикам. Системы распознавания лиц на основе искусственного интеллекта используют алгоритмы глубокого обучения для анализа черт лица и обеспечения безопасной аутентификации пользователей. Аналогичным образом, при сканировании отпечатков пальцев используются методы обработки изображений для проверки уникальных рисунков отпечатков пальцев, а при распознавании голоса анализируются голосовые характеристики для аутентификации пользователей. Эти биометрические методы обеспечивают надежную многофакторную аутентификацию, которую сложно подделать или украсть.

2.5. Облачные вычисления

Облачные вычисления поддерживают эти технологии искусственного интеллекта, предлагая необходимую вычислительную мощность и емкость хранилища для крупномасштабной обработки данных и обучения моделей искусственного интеллекта. Эта масштабируемость гарантирует, что платежные системы могут обрабатывать огромные объемы транзакций в режиме реального времени, что способствует более быстрому и эффективному процессам оплаты. Кроме того, передовые меры кибербезопасности, такие как шифрование и многофакторная аутентификация (MFA), защищают целостность и конфиденциальность данных, еще больше повышая безопасность цифровых платежных систем.

3. Преимущества внедрения искусственного интеллекта для повышения безопасности безналичных платежей

Внедрение искусственного интеллекта (ИИ) в обеспечение безопасности безналичных платежей предлагает

множество преимуществ, которые значительно повышают безопасность и эффективность цифровых транзакций. Одним из основных преимуществ являются расширенные возможности обнаружения и предотвращения мошенничества, которые обеспечивают технологии искусственного интеллекта [5]. Используя алгоритмы машинного обучения и прогнозную аналитику, искусственный интеллект (ИИ) может анализировать огромные объемы данных транзакций в режиме реального времени, чтобы выявлять подозрительные закономерности и аномалии, указывающие на мошеннические действия [9]. Такой упреждающий подход позволяет быстро принять меры по снижению потенциальных рисков и защите клиентов от мошеннических транзакций.

Еще одним важным преимуществом искусственного интеллекта (ИИ) в обеспечении безопасности безналичных платежей является улучшение методов аутентификации. Биометрическая аутентификация на основе искусственного интеллекта, такая как распознавание лиц и распознавание голоса, обеспечивает более безопасную и удобную альтернативу традиционным системам на основе паролей. Используя возможности распознавания образов ИИ, эти методы аутентификации могут точно идентифицировать людей, снижая риск несанкционированного доступа и усиливая общие меры безопасности. Более того, поведенческая биометрия на основе искусственного интеллекта анализирует взаимодействие пользователей с цифровыми интерфейсами, чтобы создать уникальные поведенческие профили для аутентификации. Отслеживая движения мыши, шаблоны набора текста, жесты на сенсорном экране и другие поведенческие сигналы, алгоритмы искусственного интеллекта (ИИ) проверяют личность пользователей в режиме реального времени, не полагаясь исключительно на статические учетные данные, такие как пароли или PIN-коды [10].

Кроме того, искусственный интеллект упрощает автоматический контрольный журнал, обеспечивая подробные записи платежных процессов с отметками времени для целей аудита. Это повышает прозрачность и подотчетность финансовых операций, обеспечивая надежную основу для соблюдения требований и управления рисками [11]. Кроме того, технологии искусственного интеллекта настраивают меры безопасности на основе индивидуальных профилей пользователей, балансируя между безопасностью и удобством. Например, частые пользователи могут столкнуться с более плавным процессом аутентификации по сравнению с нечастыми пользователями. Такая персонализация помогает поддерживать высокий уровень безопасности без ущерба для удобства пользователей.

Таким образом, внедрение искусственного интеллекта (ИИ) в систему безопасности безналичных платежей

предлагает комплексное решение для борьбы с мошенничеством, оптимизации процессов соблюдения требований, улучшения методов аутентификации и обеспечения упреждающих мер по управлению рисками. Используя возможности технологий искусственного интеллекта, предприятия могут повысить безопасность цифровых транзакций, повысить операционную эффективность и укрепить доверие клиентов в развивающейся среде безналичных платежей.

4. Проблемы искусственного интеллекта при использовании ИИ для обеспечения безопасности безналичных платежей

Хотя искусственный интеллект (ИИ) предлагает множество преимуществ для безопасности безналичных платежей, его внедрение также создает ряд проблем, с которыми должны справиться финансовые учреждения и поставщики платежей. Эти проблемы охватывают технические, этические и эксплуатационные аспекты, создавая сложности в эффективной интеграции ИИ. Вот более детальное рассмотрение некоторых из этих препятствий:

- *Зависимость качества данных (Data Dependence):* Эффективность искусственного интеллекта (ИИ) во многом зависит от качества и количества обучающих данных. Предвзятые или неполные данные могут привести к предвзятым моделям ИИ, что приведет к неверным решениям. Например, искусственный интеллект (ИИ), обученный на наборе данных, в основном представляющем определенную демографическую группу, может с трудом выявить модели мошенничества среди недостаточно представленных демографических групп.
- *Проблемы прозрачности (Black Box Problem):* Алгоритмы машинного обучения могут быть сложными, что затрудняет понимание того, как они приходят к решениям. Отсутствие прозрачности, часто называемое «проблемой черного ящика», вызывает беспокойство по поводу предвзятости и справедливости. Например, маркировка транзакций ИИ на основе данных о местоположении может непреднамеренно дискриминировать пользователей из определенных регионов.
- *Проблемы масштабируемости и интеграции (Scalability and integration challenges):* Масштабирование решений искусственного интеллекта или их интеграция с существующими системами может оказаться дорогостоящим и трудоемким занятием для бизнеса. Например, небольшие интернет-магазины могут столкнуться с трудностями при объединении инструментов обнаружения мошенничества на основе искусственного интеллекта с существующими платежными шлюзами [2].
- *Развивающиеся угрозы (Evolving Threats):* Мошенники постоянно адаптируют свою тактику, созда-

вая угрозу для систем искусственного интеллекта. Хотя искусственный интеллект (ИИ) может учиться на прошлых попытках, могут возникнуть новые схемы мошенничества, к которым ИИ плохо подготовлен. Чтобы опережать эту постоянную эволюцию, необходимо постоянное совершенствование и адаптация моделей ИИ.

- *Уязвимости безопасности (Security Vulnerabilities)*: Сами системы искусственного интеллекта могут быть уязвимы для атак, особенно если хакеры манипулируют обучающими данными или используют слабости алгоритмов. Надежные меры кибербезопасности необходимы для защиты систем безопасности на базе искусственного интеллекта.
- *Нормативная неопределенность (Regulatory Landscape)*: Нормативно-правовая база, связанная с ИИ в финансах, все еще развивается, что приводит к неопределенности в отношении конфиденциальности данных, ответственности за решения, принимаемые ИИ, и соблюдения правил. Четкие инструкции и надзор имеют решающее значение для обеспечения ответственного внедрения ИИ в безналичных платежах [12].

5. Будущее искусственного интеллекта в обеспечении безопасности безналичных платежей

Среда безналичных платежей постоянно развивается, и искусственный интеллект может взять на себя более важную роль в обеспечении безопасности будущих транзакций. Вот краткий обзор того, что может быть в будущем:

- *Непрерывное обучение и адаптация (Continuous Learning and Adaptation)*. Модели искусственного интеллекта будут развиваться, чтобы постоянно учиться, быстро адаптируясь к новым тактикам мошенничества и возникающим угрозам в режиме реального времени. Эта адаптация будет включать интеграцию различных источников данных, таких как тенденции в социальных сетях или новостные события в реальном времени, чтобы опережать развивающиеся преступные схемы.
- *Объяснимый ИИ (Explainable AI)*. Прозрачность принятия решений с помощью ИИ будет иметь приоритет, а достижения в области объяснимого ИИ (XAI) позволят глубже понять, как ИИ приходит к своим выводам. Такая прозрачность уменьшит предвзятость и повысит доверие к системе, что необходимо для соблюдения нормативных требований и укрепления доверия потребителей [13].
- *Мультимодальная аутентификация (Multimodal Authentication)*. Помимо поведенческой биометрии, ИИ будет интегрировать дополнительные факторы, такие как распознавание голоса или лица, для еще более надежной аутентификации.

Такой многогранный подход создаст уровни безопасности, что сделает несанкционированный доступ все более затруднительным.

- *Федеративное обучение (Federated Learning)*. Проблемы конфиденциальности данных будут решаться с помощью методов федеративного обучения, что позволит обучать модели ИИ на децентрализованных наборах данных без ущерба для конфиденциальной информации пользователей. Такой совместный подход улучшит модели безопасности, сохраняя при этом конфиденциальность пользователей.
- *Автономное реагирование на угрозы (Autonomous Threat Response)*. Искусственный интеллект (ИИ) будет все более автономно реагировать на потенциальные угрозы безопасности при безналичных платежах, быстро изолируя и нейтрализуя подозрительные действия. Такой упреждающий подход сведет к минимуму последствия мошенничества и нарушений безопасности, повысив устойчивость платежных систем.
- *Устойчивость квантовых вычислений (Quantum Computing Resilience)*. По мере появления квантовых вычислений ИИ будет играть решающую роль в разработке методов шифрования, устойчивых к квантовым угрозам. Алгоритмы искусственного интеллекта будут способствовать созданию квантоустойчивых криптографических методов, обеспечивающих постоянную безопасность безналичных платежей на фоне развития технологических возможностей.

Будущее искусственного интеллекта в сфере безопасности безналичных платежей является многообещающим. Решая текущие проблемы и способствуя инновациям, ИИ может стать краеугольным камнем безопасного и бесперебойного платежного процесса. Поскольку протоколы искусственного интеллекта и безопасности продолжают развиваться, мы можем предвидеть будущее, в котором безналичные транзакции будут не только удобны, но и очень устойчивы к мошенничеству.

Заключение

В заключение, применение искусственного интеллекта (ИИ) в безналичных платежах представляет собой палку о двух концах. Хотя ИИ предлагает значительные преимущества в обнаружении мошенничества, оценке рисков и аутентификации пользователей, он также создает новые проблемы безопасности. В этой статье исследовано многогранное влияние ИИ на безопасность безналичных платежей. Мы видели, как ИИ может анализировать огромные объемы данных в режиме реального времени, чтобы выявлять мошеннические транзакции, персонализировать методы аутентификации для повышения безопасности и оптимизировать безопасные про-

цессы оплаты. Однако потенциальные уязвимости, такие как утечка данных, предвзятость модели и возможность состязательных атак на модели ИИ, требуют тщательного рассмотрения.

В дальнейшем сбалансированный подход имеет решающее значение. Чтобы обеспечить постоянную безопасность безналичных транзакций, необходимо создать надежные системы безопасности наряду с интеграцией искусственного интеллекта. Это включает в себя внедрение надежных методов шифрования данных, регу-

лярную проверку моделей ИИ на предмет предвзятости и разработку стратегий для смягчения состязательных атак. Постоянное сотрудничество между финансовыми учреждениями, поставщиками технологий и регулирующими органами имеет важное значение для построения безопасного будущего для безналичных платежей на основе искусственного интеллекта. Признавая как преимущества, так и риски, мы можем использовать возможности искусственного интеллекта для создания более безопасной и эффективной экосистемы безналичных платежей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахматова, Д.Р. Влияние ИИ-решений на финансовый сектор: прогнозирование будущих изменений / Д.Р. Ахматова // Вестник экономических и социологических исследований. — 2023. — № 2. — С. 4–10. — EDN GLFZTF.
2. Туркина Д.Е. Три ключевые проблемы внедрения искусственного интеллекта в российских банках на современном этапе развития экономики // Инновации и инвестиции. — 2018. — № 12. — С. 335–336.
3. Звягин, Л.С. Технологии искусственного интеллекта в банковском и финансовом секторах / Л.С. Звягин // Мягкие измерения и вычисления. — 2022. — Т. 56, № 7— 1. — С. 5–18.
4. Саламова, А.А. Роль искусственного интеллекта в финансах / А.А. Саламова, И.Е. Федоровская, И.И. Васильев // Финансовые рынки и банки. — 2023. — № 1. — С. 63–68.
5. Бердышев А.В. Искусственный интеллект как технологическая основа развития банков // Вестник университета. — М., 2018. — № 5. — С. 91–94.
6. Digalaki E. The impact of artificial intelligence in the banking sector & how AI is being used in 2021 // Business Insider. — 2021. — 13.01. — URL: <https://www.businessinsider.com/ai-in-banking-report> (дата обращения: 15.02.2024).
7. Milana, C., & Ashta, A. Artificial intelligence techniques in finance and financial markets: a survey of the literature. *Strategic Change*, 30(3) pp. 189–209. (2021).
8. S. Deepalakshmi, *Impact of Artificial Intelligence in E-payments* (2018).
9. «Enhancing Payment Security Using Artificial Intelligence and Machine Learning» by Manish Bapna, et al. (2020).
10. «Anomaly Detection for Payment Fraud using Deep Learning» by Chih-Cheng Chen, et al. (2019).
11. «AI-powered Risk Assessment in Payment Systems: A Survey of Techniques and Applications» by Feng Liu, et al. (2022).
12. «Security and Privacy Challenges of AI-powered Payment Systems» by Xinxin Li, et al. (2021).
13. «Explainable AI for Fraud Detection in Payments» by Arvind Narayanan, et al. (2020).

© Абдурахман Джамал Джама (jamaljolevas14psg@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2024.6-2.03

РАЗРАБОТКА ОНЛАЙН-КОМПИЛЯТОРА PYTHON В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОНЛАЙН ОБРАЗОВАНИЯ

DEVELOPMENT OF AN ONLINE PYTHON COMPILER IN ORDER TO IMPROVE THE QUALITY OF ONLINE EDUCATION

**N. Azarenko
K. Magankov
N. Ryabtsev**

Summary. The article describes the process of developing a compiler in the Python programming language with the aim of improving the quality of online education. The advantages of the chosen technology stack are identified. The process of software implementation is outlined.

Keywords: online education, software development, Python programming language, compiler.

Азаренко Наталья Юрьевна

кандидат экономических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Брянский государственный
инженерно-технологический университет»
salovanat@mail.ru

Маганков Кирилл Сергеевич

ФГБОУ ВО «Брянский государственный
инженерно-технологический университет»
kirill.magankov@gmail.com

Рябцев Николай Павлович

ФГБОУ ВО «Брянский государственный
инженерно-технологический университет»
lolofoameistahhz@gmail.com

Аннотация. В статье описывается процесс разработки компилятора на ЯП Python с целью повышения качества образования в онлайн формате. Выявлены преимущества выбранного стека технологий. Расписан процесс реализации программного обеспечения.

Ключевые слова: онлайн образование, разработка ПО, ЯП Python, компилятор.

Введение

В течение последних годов образовательная сфера перетерпела значительные изменения, появилось множество новшеств, одним из которых является внедрение технологий дистанционного образования, как одного из ключевых элементов предоставления возможности обучения.

Такой вид образования быстро закрепился в образовательной сфере и стал набирать обороты, что вызвано его уникальностями — например такой формат предоставляет возможности для саморазвития и обучения в любом месте и в любое время.

Использование дистанционных обучающих технологий (ДОТ) — предполагает внедрение информационных и коммуникационных систем и технологий в процесс обучения. Данный метод позволяет студентам получать навыки и знания при помощи различных, специализированных платформ на которых преподаватели могут размещать свои курсы, вебинары, проводить лекции и многое другое, а самое главное — всё это происходит, не выходя из дома [3].

Таким образом одним из ключевых преимуществ дистанционного образования является его гибкость, что обуславливается возможностью студентов выбирать удобное время для проведения и посещения занятий,

позволяет им самим планировать свой график обучения и не ограничивает их во времени.

Исходя из этого образование становится доступным для всех — независимо от географического расположения, возраста или семейного положения [5].

Кроме того, электронное образование предполагает использование интерактивных технологий в рамках обучения студентов, что позволяет им использовать различные мультимедийные материалы, быть на связи с преподавателем при помощи различных средств связи, например видеоконференцсвязь (ВКС) — имеет большой спрос и популярность в ходе проведения лекционных занятий, семинаров и т.д. А если к такого рода занятий интегрировать онлайн-платформу с различными практическими заданиями и материалами по теме, то эффект обучения значительно возрастет.

Одной из крупнейших платформ в РФ, предоставляющей услуги по размещению и организации онлайн-школ и курсов, является платформа «GetCourse» [<https://getcourse.ru/>]. Возрастающая популярность курсов по программированию, в частности по изучению ЯП Python, привела к возникновению необходимости разработки онлайн компилятора.

В образовательных материалах содержатся текстовые блоки, содержащие код на ЯП Python и результат

его интерпретации. Однако, наличие интерпретатора в онлайн-среде упрощает процесс обучения. Студенту не требуется стороннее ПО и IDE для выполнения кода, что экономит время на перенос кода и способствует повышению концентрации обучающегося.

Компилятор кода на платформе онлайн-образования играет важную роль в обучении программированию и другим техническим дисциплинам. Перечислим ключевые аспекты его актуальности и необходимости:

1. Возможность непосредственного исполнения кода: компилятор позволяет студентам немедленно видеть результаты написанного кода, способствуя улучшению понимания принципа работы кода.
2. Проверка кода на правильность: компилятор автоматически проверяет код на соответствие заданному синтаксису, что особенно полезно для начинающих, помогая избегать механических ошибок.
3. Удобство и доступность: при наличии компилятора кода на платформе онлайн-образования, студентам не нужно устанавливать и настраивать собственное программное обеспечение.
4. Совместная работа и обратная связь: компилятор позволяет вести обсуждения, делиться кодом, задавать вопросы и получать обратную связь от других участников курса, способствуя более полному пониманию материала.

Таким образом, разработка онлайн компилятора для ЯП Python становится не только необходимой, но и актуальной задачей в рамках развития электронного образования и повышения эффективности обучения программированию.

Методология

Целью статьи исследования является — рассмотрение процесса создания онлайн компилятора кода для ЯП Python, как одного из важнейших механизмов для дистанционного обучения на онлайн платформах.

В исследовании используются следующие технологии:

- Изучение и анализ требований пользователей к онлайн-компилятору;
- Изучение возможностей платформы Get Course;
- Обзор и анализ существующих решений;
- Проектирование и разработка прототипа компилятора;
- Тестирование и оценка.

Для разработки REST API использован фреймворк fastAPI, преимуществами которого являются:

- Помощь при создании API и автоматическая генерация его документации посредством Swagger и ReDoc;

- Быстродействие по сравнению с другими платформами Python;
- Высокая гибкость за счёт отсутствия какой-либо стандартизации.

Для управления потоками ввода/вывода в режиме реального времени использовалась библиотека socket.io, преимуществами которой являются:

- В отличие от веб-сокетов, Socket.IO позволяет отправлять сообщения всем подключенным клиентам.

Например, при разработке чата необходимо уведомлять всех пользователей о подключении нового пользователя. Это реализуется с помощью одной операции. При использовании веб-сокетов, для реализации подобной задачи потребовался бы список подключенных клиентов и отправка сообщений по одному;

- В веб-сокетах сложно использовать проксирование и балансировщики нагрузки. Socket.IO поддерживает эти технологии «из коробки»;
- Socket.IO поддерживает постепенную (изящную) деградацию;
- Socket.IO поддерживает автоматическое переподключение при разрыве соединения;

Для связи функционала со стороны сервера (API) и его привязки к UI — использовался ЯП JS, а также методология DOM. Его преимущества:

- Незаменим в веб-разработке;
- Обладает достаточно высокой скоростью работы и производительностью;
- Имеет развитую инфраструктуру с большим разнообразием фреймворков и библиотек;
- Наличие собственной мощной экосистемы (инфраструктуры).

Основным инструментом работы и динамических изменений на странице является DOM (Document Object Model) — объектная модель, используемая для XML/HTML-документов.

Согласно DOM-модели, документ является иерархией. Каждый HTML-тег образует отдельный элемент-узел, каждый фрагмент текста — текстовый элемент, и т.п. Проще говоря, DOM — это представление документа в виде дерева тегов. Это дерево образуется за счет вложенной структуры тегов плюс текстовые фрагменты страницы, каждый из которых образует отдельный узел [9].

Так же, выбор JS — обоснован функционалом самой платформы «GetCourse» — которая среди встраиваемых блоков с кодом поддерживает только HTML, CSS, JS.

Результаты

В ходе разработки онлайн-компилятора python — было принято решение разработать клиент-серверное приложение:

- Client-Side — представляет собой сам интерфейс, который служит для отправки введённого кода на сервер, с целью его последующей обработки и вывода результата, в основе стека лежит стандартный инструментальный веб-разработчика HTML+CSS+JS;
- Server-Side — представляет собой REST (Representational State Transfer) API, которое служит для отработки получаемого кода и возвращения результата его компиляции, в основе стека лежит библиотека для python FastAPI, а также Socket.io — для передачи потоков ввода-вывода, например в случае и интерактивным вводом значения переменной [1];

Реализация серверной части

Для реализации задачи необходимо было разработать сервер, способный выполнять Python— код и возвращать полученный результат. Так как задача предполагала интерактивный ввод данных, для реализации функции input(), то также требовалось использовать некий механизм, способный на создание двухсторонних соединений, и свободную передачу данных.

За основу компилятора был взят встроенный в систему linux базовый интерпретатор, но т.к. данный интерпретатор не обязательно будет на сервере хостинга, то также было принято решение создать docker-container для корректного размещения и развертывания на сервере.

После чего для корректной работы сервера было реализовано несколько классов — ProcessManager, Process, Config, CodeRunner, подробнее о каждом из них:

1. ProcessManager позволяет управлять процессами, предоставляет интерфейс для их уничтожения;
2. Process — класс, который по сути является оберткой вокруг процесса, позволяет асинхронно читать ввод, и вводить данные в процесс. Он использует библиотеку rpyprocess, которая позволяет легко взаимодействовать с процессом посредством создания псевдо-терминала.
3. Config — класс, который является местом хранения константных значений, которые необходимы для задания определенных параметров при написании сервера, например для установки значения истечения срока подключения при считывании интерактивного ввода и т.д.;
4. CodeRunner — класс, который представляет собой удобный интерфейс для обработки присыла-

емого пользователем кода и возвращения результата его работы.

Таким образом мы получили сервер, состоящий всего из одного рута (пути) — /api/python/run, после чего началась реализация интерактивного ввода данных и его обработки в режиме реального времени.

Для начала был создан SocketManager, который позволяет вызывать события на сервере и становиться их слушателем/подписчиком, т.е. на сервере создается процесс, после чего мы ждем пока клиент отправит нам сообщение, содержащее определенный статус и уникальный идентификатор процесса, после чего мы проверяем uuid создаем, с помощью библиотеки asyncio два асинхронных задания:

1. Первое на чтение потоков ввода/ошибок процесса;
2. Второе для автоматического завершения процесса, если он запущен слишком долго. Клиент может послать нам сообщение prompt с uuid процесса, и данными, эти данные мы передаем в поток ввода процесса.

На данном моменте разработка серверной части была завершена, после чего требовалось создать интерфейс способный взаимодействовать с сервером.

Реализация клиентской части

За основу был взят онлайн интерпретатор, расположенный по адресу общедоступного размещения: <https://www.online-python.com>.

Исходя из этого, появилась необходимость в верстке компилятора, который представляет собой 2 текстовых поля для ввода и вывода и 1 поле для отправки интерактивного ввода input(). Также для отправки ввода, выполнения кода или сохранения кода в файл, — требовались элементы управления, в данном случае — это кнопки.

После того, как все необходимые структурные элементы были готовы, началась их стилизация, для которой использовалась каскадная таблица стилей (CSS) + библиотека Bootstrap, для подсветки синтаксиса кода использовалась библиотека prism.js [2,9].

Позавершению стилизации — имелась необходимость функциональной привязки элементов, т.е. надо было задать функционал, осуществляемый при отправке формы, именно для этого использовался JS + SocketIO.client.

Первоначально потребовалось определить маршруты — куда посылать запросы на выполнение кода, после чего надо было инициализировать те переменные, которые при загрузке страницы будут хранить в себе ссылки на все используемые элементы (поля ввода, кнопки).

После этого — необходимо было для каждого элемента создать событие, таким образом были написаны 3 основных функции:

1. `consoleGo` — считывает значения из поля ввода кода, после чего передаёт данное значение в качестве аргумента в функцию `executeCode`, после чего производит проверку на наличие ответа со стороны сервера и заполняет соответствующие поля содержимым ответа из функции `executeCode`;
2. `executeCode` — функция, которая принимает один параметр, после чего передаёт его значение на сторону сервера по хранимому маршруту вместе с телом запроса `json`, чтобы получить объект `promise` со стороны сервера в качестве ответа.
3. `sendInput()` — функция отправки интерактивного ввода пользователя, является триггером события «prompt» — для сокета на сервере, передаёт ему `uuid` процесса и само считанное значение;
4. `saveCodeToFile()` — функция сохранения введённого кода в формате `.ру` скрипта;

В результате реализации данных функций — процесс разработки онлайн компилятора для ЯП `python` — был завершен.



Рис. 1. Демонстрация интерфейса и работы компилятора

Обсуждения

Исследования о построении компиляторов подтверждают разнообразие подходов и методов, используемых в этом процессе. Результаты анализа показывают, что архитектура компилятора в значительной степени зависит от окружающей среды, в которую он будет интегрирован. Это означает, что разработчики компиляторов должны учитывать особенности платформы, языка про-

граммирования и требования конечных пользователей [8,10].

Например, в среде веб-разработки акцент может быть сделан на эффективной работе с сетью и обработке запросов, в то время как в мобильной разработке важным является оптимизация под ограниченные ресурсы устройства. Кроме того, важно учитывать потребности пользователей и их ожидания от компилятора.

Бывают пользователи, которые используют компиляторы с обширным набором функций и расширенными возможностями, в то время как другие предпочитают легкие и быстрые инструменты. В процессе разработки компилятора важно не только иметь технические знания, но и понимать потребности и ожидания конечных пользователей. Гибкость и адаптивность при выборе архитектуры компилятора позволяют разработчикам создавать инструменты, которые наилучшим образом соответствуют требованиям среды и предпочтениям пользователей.

Выводы

В ходе данного исследования авторами выдвигаются следующие выводы, касаемые исследуемой области:

1. Онлайн-компилятор как важный инструмент в рамках процесса Обучения в онлайн формате;
2. Актуальность, важность, возможная масштабируемость онлайн-курсов;
3. Дистанционное обучение как мощный инструмент преподавания в нетипичных условиях, например — учеба для людей с ограниченными возможностями или в период пандемии;

В заключении, стоит отметить, что разработанный прототип онлайн компилятора `python` является одним из необходимых инструментов масштабирования и развития онлайн-курсов.

Данный тезис обуславливается возможностями доступа к лицензионному программному обеспечению, а также тем, что в ходе взаимодействия с онлайн-площадкой, предоставляющей возможность дистанционного обучения, имеющей онлайн-компилятор — процесс вовлечения студента больше. Это обуславливается принципом удержания пользователя, т.е. возможность решать задания там же, где они были получены — вовлекает пользователя в процесс сильнее, нежели процесс решения задач в одной среде, а процесс получения и проверки полученных в ходе усвоения материалов — в другой среде.

Ссылка на репозиторий с кодом онлайн-компилятора: https://github.com/Lolofmeistahz/python_online_compiler

ЛИТЕРАТУРА

1. Арно Лоре. Проектирование веб-API. — М: ДМК Пресс. 2020. 213 с.
2. Беликова С.А. Основы HTML и CSS: проектирование и дизайн веб-сайтов: учебное пособие по курсу «Web-разработка». 2020. 132 с.
3. Благасарян Л.Г., Марукян Л.Р. Эффективность использования онлайн(виртуальных) платформ в процессе обучения. 2023. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-ispolzovaniya-onlayn-virtualnyh-platform-v-protseesse-obucheniya/viewer> (дата обращения: 27.12.2023);
4. Кондратьева, Е.Е. Актуальность использования образовательной интернет-платформы в процессе развития интеллектуальных способностей младших школьников / Е.Е. Кондратьева. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. 2023. № 39 (486). С. 177–179. URL: <https://moluch.ru/archive/486/106182/> (дата обращения: 29.12.2023);
5. Ламонина Л.В., Смирнова О.Б. Об использовании цифровых онлайн-технологий в дистанционном обучении. 2020. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-ispolzovanii-tsifrovyyh-onlayn-tehnologiy-v-distantsionnom-obuchenii> (дата обращения: 27.01.2024);
6. Лутц Марк. Изучаем Python. — М: Эксмо. 2020. 455 с.
7. Макфарланд Дэвид. JavaScript и jQuery. Исчерпывающие руководство. М: Эксмо. 2021. 111 с.
8. Павел Соломатин. ИТ-компилятор Python в 300 строк. 30.06.2022. URL: <https://habr.com/ru/articles/674206/> (дата обращения: 21.01.2024).
9. Флэнаган Дэвид. JavaScript. Полное руководство: справочник по самому популярному языку программирования. М: Диалектика. 2021. 431 с.
10. Bergstra J. et al. Theano: A CPU and GPU math compiler in Python //Proc. 9th python in science conf. — 2010. — Т. 1. — С. 3–10.
11. Chen J. et al. Compiler test-program generation via memoized configuration search //Proc. 45th International Conference on Software Engineering. 2023.
12. Digital Blackboard. Building an online Python compiler using the MERN-stack. 23.01.2023. URL: <https://digitalblackboard.io/posts/online-compiler/> (дата обращения: 07.01.2024).
13. Jovanović N. et al. ComVIS—Interactive simulation environment for compiler learning //Computer Applications in Engineering Education. 2022. Т. 30. №. 1. С. 275–291.
14. Kaya M., Özel S.A. Integrating an online compiler and a plagiarism detection tool into the Moodle distance education system for easy assessment of programming assignments //Computer Applications in Engineering Education. 2015. Т. 23. №. 3. С. 363–373.
15. Kovtaniuk M.S. Online compiler «Replit» usage during the study of the Programming discipline //Publishing House «Baltija Publishing». 2023.
16. Piwek P., Savage S. Challenges with learning to program and problem solve: An analysis of student online discussions //Proceedings of the 51st ACM Technical Symposium on Computer Science Education. 2020. С. 494–499.
17. Salama R., Uzunboylu H., Alkaddah B. Distance learning system, learning programming languages by using mobile applications //New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences. 2020. Т. 7. №. 2. С. 23–47.
18. Sinanaj L. et al. A comparison between online compilers: A case study //2022 11th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO). IEEE, 2022. С. 1–6.
19. Steingartner W. Compiler module of abstract machine code for formal semantics course //2021 IEEE 19th World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI). IEEE, 2021. С. 000193–000200.
20. Watanobe Y. et al. Next-generation programming learning platform: Architecture and challenges //SHS Web of Conferences. EDP Sciences, 2020. Т. 77. С. 01004.

© Азаренко Наталья Юрьевна (salovanat@mail.ru); Маганков Кирилл Сергеевич (kirill.magankov@gmail.com);

Рябцев Николай Павлович (lolofmeistahhz@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИСТОЧНИКИ И ДАННЫЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ — ДОСТОВЕРНОСТЬ НАУЧНОГО ЗНАНИЯ

SOURCES AND DATA FOR THE STUDY — VALIDITY OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE

A. Arkhireev

Summary. The authors of this article explore the limitations inherent in traditional forecasting methods and advocate the use of more sophisticated, integrative approaches, particularly vector forecasting, to improve the accuracy and reliability of predicting future events. Based on a critical analysis of various fields, including economics, technology and social sciences, where traditional methods have been shown to fail, the study illustrates the risks associated with relying solely on historical data; these methods often fail to account for non-linear, stochastic elements that often affect results. The study emphasises the need for new methodologies that take into account multiple data streams and complex interdependencies between variables. The vector forecasting method, which utilises multivariate data analysis, is seen as a superior alternative that can capture the multifaceted nature of real-world systems. By incorporating different variables and potential scenarios into a holistic predictive model, this method offers significant improvements over linear forecasting methods, which are prone to oversimplifications that can lead to significant forecasting inaccuracies. Recommendations for future research are aimed at further developing and improving these advanced models, exploring their interdisciplinary applicability, and improving their robustness by utilising advanced technologies such as machine learning and big data analytics. The article argues that moving towards such adaptive and integrative approaches is essential for the scientific community to better navigate the uncertainty of future events and thereby contribute to better informed decision-making in various industries.

Keywords: forecasting methodologies; vector forecasting; limited historical data; multivariate data analysis; nonlinear dynamics; stochastic elements; forecast accuracy; integrative approaches; machine learning; big data analytics.

Архиреев Алексей Владимирович

Аспирант, Российский Государственный Социальный
Университет, г. Москва
Alexey123@mail.ru

Аннотация. Авторы данной статьи исследуют ограничения, присущие традиционным методам прогнозирования, и выступают за применение более сложных, интегративных подходов, в частности, векторного прогнозирования для повышения точности и надежности предсказания будущих событий. На основе критического анализа различных областей, включая экономику, технологию и социальные науки, где традиционные методы показали свою несостоятельность, исследование иллюстрирует риски, связанные с опорой исключительно на исторические данные; эти методы часто не учитывают нелинейные, стохастические элементы, которые часто влияют на результаты. Исследование подчеркивает необходимость использования новых методологий, учитывающих многочисленные потоки данных и сложную взаимозависимость между переменными. Метод векторного прогнозирования, использующий многомерный анализ данных, рассматривается как превосходная альтернатива, способная отразить многогранную природу систем реального мира. Включая различные переменные и потенциальные сценарии в целостную прогностическую модель, этот метод предлагает значительные улучшения, по сравнению с линейными методами прогнозирования, которые склонны к чрезмерным упрощениям, что может привести к значительным неточностям прогнозирования. Рекомендации для будущих исследований направлены на дальнейшее развитие и совершенствование этих передовых моделей, изучение их междисциплинарной применимости и повышение их надежности за счет использования передовых технологий, таких как машинное обучение и анализ больших данных. В статье утверждается, что переход к таким адаптивным и интегративным подходам крайне важен для научного сообщества, чтобы лучше ориентироваться в неопределенности будущих событий и тем самым способствовать принятию более обоснованных решений в различных отраслях.

Ключевые слова: методологии прогнозирования, векторное прогнозирование, ограниченность исторических данных, многомерный анализ данных, нелинейная динамика, стохастические элементы, точность прогнозирования, интегративные подходы, машинное обучение, аналитика больших данных.

Настоящее исследование посвящено изучению источников и данных, используемых в исследовательской деятельности, с особым акцентом на валидность научного знания; это исследование имеет ключевое значение, учитывая растущую зависимость от исторических данных для прогнозирования будущих событий — практики, не лишенной противоречий. Термины «источники и данные для исследований» означают происхождение и информацию, используемую для проведения научных изысканий, в то время как «валидность научного знания» относится к надежности и достоверности выводов, сделанных на основе этих

данных. Центральное место в этих рассуждениях занимает парадоксальная гипотеза о том, что исторические данные — несмотря на их широкое использование — не всегда могут служить надежным фундаментом для будущих прогнозов.

Эпистемологическая позиция «прошлое не равно будущему» бросает вызов традиционным парадигмам умозаключений, утверждая, что исторические события, хотя и информативные, не могут быть безошибочными предсказателями будущих событий. Это утверждение, уходящее корнями в философские дебаты о природе

причинности и предсказания, ставит под сомнение надежность экстраполяционных методов, предполагающих временную симметрию явлений. В рамках данной концепции ученые и философы тщательно проверяют истинность индуктивных рассуждений: логического процесса, в котором обобщения выводятся из конкретных случаев (пример: солнце восходит ежедневно, значит, оно будет восходить бесконечно). Однако эмпирические несоответствия — события, когда прошлые условия не воспроизводят ожидаемые результаты, — ставят под сомнение эту практику, призывая к переоценке того, как эмпирические данные, «краеугольный камень научного исследования», подтверждают теоретические построения. Научные методологии, особенно в области сложных систем и хаотических сред, подчеркивают непредсказуемость, присущую допущению исторической непрерывности без учета возможных отклонений. Эти методологические соображения, имеющие ключевое значение в различных областях — от метеорологии до экономики, — требуют тщательного анализа источников данных и границ их применения. Следовательно, надежность научного знания, зависящая от надежности его эмпирических оснований, становится центральной точкой дискурса, особенно в прогностических науках, где ставки ошибочных прогнозов могут быть очень велики. В этой связи историко-философская аксиома, побуждая скептически относиться к чрезмерной опоре на прошлые данные, способствует формированию динамичной научной культуры, которая постоянно пересматривает свои теоретические основы в свете новых, порой, противоречивых данных.

Методологической основой данного исследования является векторное прогнозирование — метод, который отказывается от традиционных линейных моделей в пользу многомерного подхода, учитывающего различные переменные и потенциальные сценарии развития событий. Этот метод не только устраняет ограничения, присущие традиционным методам прогнозирования, но и повышает устойчивость и надежность прогнозов.

В аналитической части исследования будет рассмотрено несколько примеров из различных областей — экономики, технологий и социальных наук, — когда традиционные методы прогнозирования давали сбой. Через философскую призму эти примеры подчеркнут внутреннюю ограниченность человеческого предвидения и ошибочность зависимости будущих прогнозов исключительно от исторических данных.

Итак, обобщение результатов данного исследования подчеркивает необходимость тонкого понимания и применения исторических данных в прогнозировании. Он выступает за переход к более сложным, интегративным методологиям, способным учесть непредсказуемый характер будущих событий. Эти размышления не только

важны для академического сообщества, но и служат критическим напоминанием о необходимости непрерывной методологической эволюции для лучшего предвидения и ориентирования в сложных условиях будущего. Рекомендуется продолжить изучение этой темы и усовершенствовать метод векторного прогнозирования, чтобы укрепить прогностическую способность научных исследований.

Фактически, сложное взаимодействие (между эмпирическими данными и временными предсказаниями) ставит под сомнение само понятие исторической непрерывности — концепцию, которая когда-то считалась аксиоматичной. По всему временному спектру как классические, так и современные мыслители (представленные такими учеными, как К. Кимберлин и А. Винтерштейн, 2008) ведут активную диалектику, колеблясь между детерминистскими рамками и теми, кто отстаивает непредсказуемость, присущую временной прогрессии. Если копнуть глубже, то философский фундамент этого утверждения находит свое выражение в скептицизме различных интеллектуалов, которые с помощью жесткой аргументации критикуют применимость прошлых тенденций к будущим сценариям [O. Volarinwa, 2015]; они предлагают альтернативную перспективу: временные сценарии пронизаны уникальными переменными — переменными, которые в силу своих уникальных характеристик могут сопротивляться простому воспроизведению на последовательных временных интервалах. Продолжающийся научный дискурс не только обогащает наше понимание роли эмпирических данных в рамках научного метода, но и подчеркивает нюансы сложности, присущей использованию исторических данных для формирования прогнозов относительно будущих состояний.

Исторически сложилось так, что опора на прошлые данные для прогнозирования будущих событий является предметом пристального внимания; яркими примерами являются многочисленные прогнозы, которые либо впечатляюще удались, либо провалились. Использование таких данных, хотя часто дает статистически значимые корреляции, не учитывает стохастические элементы взаимодействия человека и окружающей среды, которые часто нарушают ожидаемые результаты [N. Lesko, 2023]. Эта критика подкрепляется эмпирическими исследованиями, свидетельствующими о том, что прогностическая достоверность исторических данных часто снижается, когда они подвергаются воздействию динамических переменных непредсказуемого будущего [K. Ottenbacher, 1995]. При оценке попыток установить связь между прошлыми и будущими событиями в литературе прослеживаются колебания успехов и неудач. Например, прогнозы, основанные на надежном историческом анализе, часто подрываются внезапным технологическим прогрессом или непредвиденными гло-

бальными сдвигами, которые делают прежние модели устаревшими [I. Ahmed, S. Ishtiaq, 2021]. Это явление подчеркивает ограниченность традиционных методов прогнозирования, которые часто не учитывают нелинейный и многогранный характер глобальных событий [E. Drost, 2011].

Методологические последствия этих выводов очень глубоки и свидетельствуют о необходимости смены парадигмы в пользу более интегративных и адаптивных моделей прогнозирования. Такие модели, как показывают последние исследования, должны не только учитывать прошлые тенденции, но и включать в себя множество потенциальных сценариев будущего, повышая тем самым прочность и надежность прогнозов [S. Olayinka, T. Abideen, 2023]. Эти передовые методологии, использующие векторный подход к анализу данных, открывают перспективные пути для согласования исторических данных и перспективной непредсказуемости [F. Silva et al.] Так, философский и исторический контекст использования прошлых данных для предсказания будущих событий служит критической линзой, через которую научное сообщество может переоценить эффективность и обоснованность традиционных методов прогнозирования. Признавая сложную, зачастую, нелинейную взаимосвязь между прошлыми событиями и будущими возможностями, исследователи вынуждены искать инновационные, более надежные методики, которые преодолевают ограничения традиционных моделей, способствуя более глубокому и точному пониманию временной динамики.

Непредсказуемость будущего ярко проявляется в анналах человеческой истории, где неожиданные события часто изменяли ход научного, технологического и социально-политического развития. Вспомним случайное открытие пенициллина Александром Флемингом в 1928 году: случайное заражение привело к прорыву, который произвел революцию в медицине и возвестил о начале эры антибиотиков. Это открытие, являющееся квинтэссенцией научной серендипити, подчеркивает стохастическую природу исследовательской деятельности, в которой случайные события могут принести колоссальную пользу. Аналогичным образом технологический аспект был безвозвратно изменен непредвиденным появлением Интернета. Изначально он разрабатывался как усовершенствование военной сети, но его экспоненциальное распространение в гражданской жизни не предвиделось, что стало катализатором смены парадигмы в коммуникации, коммерции и распространении информации. Появление Интернета, хотя и не было обусловлено научными прогнозами, привело к возникновению глобализованного сетевого общества, иллюстрируя нелинейное развитие технологических инноваций.

Глобальные кризисы также служат ярким напоминанием о неопределенности будущего. Финансовый

кризис 2008 года, вызванный крахом «пузыря» на рынке жилья в США, перерос в глобальный экономический спад. Хитросплетения финансовых инструментов, таких как ипотечные ценные бумаги, и их системные последствия были сильно недооценены, что выявило глубокие пробелы в моделях экономического прогнозирования и опасность предположений о стабильности рынка. И наоборот, ограниченность человеческих предсказаний в равной степени подчеркивается не наступлением ожидаемых событий. В качестве примера можно привести «ошибку Y2K»: широко распространенные опасения по поводу наступления нового тысячелетия привели к страху катастрофических сбоев в компьютерных системах по всему миру. Масштабная подготовка, предпринятая для предотвращения катастрофы, привела к минимальным фактическим сбоям, продемонстрировав потенциал переоценки технологической хрупкости и, как следствие, ненужного распределения ресурсов.

Сфера освоения космоса также отражает эти прогностические ограничения. Предсказанная колонизация Марса, о которой горячо мечтали в начале 2000-х годов, до сих пор не осуществилась. Технологические и логистические проблемы, усугубляемые суровыми реалиями межпланетных путешествий, сдерживают ожидаемое расширение присутствия человека в космосе, иллюстрируя огромный разрыв между человеческими амбициями и нынешними технологическими возможностями. Эти примеры, относящиеся к области науки, техники и глобальных событий, наглядно иллюстрируют два аспекта неопределенности будущего: неожиданные происшествия, которые меняют наше понимание и траекторию развития, и ожидаемые события, которые не сбываются. Примеры такого рода подчеркивают сложность прогностических усилий и присущую им непредсказуемость, которая ставит под сомнение даже самые тщательно разработанные прогнозы. Эта двойственность не только обогащает наше понимание исторической динамики, но и преподносит важнейшие уроки смирения и адаптивности, необходимые перед лицом неопределенности будущего.

В технологической сфере роль искусственного интеллекта (ИИ) в анализе исторических данных для прогнозирования будущих тенденций является одновременно ключевой и чреватой ограничениями. Полезность систем ИИ во многом зависит от их способности анализировать обширные массивы данных и извлекать закономерности, которые не всегда очевидны для человека. Однако феномен «чрезмерного обучения» или чрезмерной подгонки представляет собой критическую уязвимость этих систем; он возникает, когда модель ИИ, вместо того чтобы обобщать входные данные, учится шуму и особенностям, которые не применимы к более широкому контексту [J. Liu et al., 2016]. Эта проблема сильно влияет на качество прогнозов, часто приводя

к тому, что предсказания не сбываются, если их применить за пределами обучающего набора данных. Использование ИИ в предиктивной аналитике основывается на предположении, что исторические данные содержат присущие им закономерности, которые сохраняются в будущем. Однако стохастическая природа многих систем, особенно тех, которые связаны с поведением людей и переменными окружающей среды, противоречит этому предположению, что подрывает надежность прогнозов, создаваемых ИИ [E. Colepiccolo, 2015]. Случаи неудачных прогнозов ИИ были зафиксированы в различных дисциплинах, что подчеркивает ограниченность экстраполяции прошлых тенденций в будущее вероятности [C. Kimberlin, A. Winterstein, 2008].

При этом, проблема качества данных еще больше усложняет прогностические возможности ИИ. Неточности, несоответствия и предвзятость наборов данных, используемых для обучения моделей ИИ, могут привести к искажению результатов, тем самым снижая достоверность сделанных прогнозов [G. Battineni et al., 2020]. Такие проблемы требуют тщательной проверки источников данных и постоянного мониторинга их целостности для обеспечения применимости и актуальности прогнозов ИИ [N. Lesko, 2023]. Проблема переобучения в системах ИИ усугубляется сложностью моделирования динамики человека и окружающей среды, которые часто являются нелинейными и подвержены резким изменениям. Традиционные модели ИИ, особенно те, которые основаны на линейных предположениях, с трудом учитывают такие сложности, в результате чего прогнозы могут быть не только неточными, но и вводить в заблуждение [K. Ottenbacher, 1995, p. 177].

Соответственно, хотя ИИ обладает преобразующим потенциалом для прогнозирования будущих тенденций на основе исторических данных, его эффективность по своей сути ограничена такими проблемами, как чрезмерное обучение, качество данных и нелинейные характеристики моделируемых систем. Эти ограничения обуславливают необходимость осторожного подхода к использованию ИИ в критических прогнозах, что подчеркивает потребность в сложных моделях, способных адаптироваться к непредсказуемости, присущей реальным сценариям, и точно отражать ее.

Методология векторного прогнозирования представляет собой сложный статистический подход, призванный повысить точность и надежность прогнозов за счет анализа множества переменных и их взаимозависимостей; эта методологическая инновация предлагает значительные преимущества по сравнению с традиционными линейными моделями прогнозирования за счет использования многомерного анализа [F. Silva et al., 2015]. В своей основе векторное прогнозирование опирается на теоретическую базу, согласно которой

сложные системы лучше всего понимаются и прогнозируются путем одновременного изучения всех соответствующих переменных, а не по отдельности. Реализация векторного прогнозирования включает в себя несколько тщательных этапов: вначале проводится комплексный этап сбора данных, в ходе которого собираются многочисленные потоки переменных. Затем эти потоки данных анализируются для установления их взаимосвязи с использованием передовых статистических методов, таких как векторная авторегрессия, которая учитывает временные и динамические взаимозависимости между переменными [H. Sudo, 2019]. После этого модель объединяет эти взаимосвязи в целостную прогностическую структуру, которая предсказывает будущие состояния изучаемой системы.

Одно из главных преимуществ векторного прогнозирования заключается в его способности обеспечить более тонкий и всеобъемлющий взгляд на потенциальные сценарии будущего. В отличие от традиционных методов, которые часто упрощают сложную динамику, фокусируясь на однофакторном анализе, векторное прогнозирование использует весь спектр доступных данных, предлагая тем самым более надежный и всеобъемлющий прогноз. Эта методология особенно полезна в областях, где на системы влияет множество взаимодействующих переменных, таких как экономика, экология и здравоохранение. О надежности векторного прогнозирования свидетельствует и его повышенная способность смягчать влияние шума и предотвращать перебор — распространенный подводный камень в прогностическом моделировании. Учитывая широкий спектр переменных, модель снижает риск получения ошибочных выводов на основе ложных корреляций, что повышает надежность прогнозов [G. Battineni et al., 2020]. При этом опора метода на высококачественные многомерные данные позволяет обойти ограничения, накладываемые наборами данных различной надежности и достоверности, поскольку векторное прогнозирование по своей сути требует тщательной проверки данных для эффективного функционирования [F. Habbal, 2023].

Наконец, методология векторного прогнозирования не только превосходит традиционные методы прогнозирования по сложности и точности предсказания, но и предлагает масштабируемое решение, адаптируемое к различным исследовательским потребностям. Ее внедрение, хотя и требует значительных ресурсов, обеспечивает стратегическое преимущество в навигации по неопределенности многогранных систем, тем самым демонстрируя значительный скачок вперед в прогностических науках.

В сфере экономики традиционные методики прогнозирования часто оказывались не в состоянии предсказать поворотные спады, что наиболее ярко проявилось

в финансовом кризисе 2008 года. Линейные модели прогнозирования, основанные на исторических финансовых данных, не смогли предугадать сложную взаимосвязь кредитной экспансии, дерегулирования и финансовых инноваций, которая привела к системному краху. Это событие подчеркивает ограниченность традиционных эконометрических моделей, которые обычно не учитывают эмерджентное поведение сложных финансовых систем, что может привести к катастрофическим просчетам. Обращаясь к технологиям, рассмотрим сферу разработки программного обеспечения, в частности прогнозы, связанные со сроками и результатами программных проектов. Традиционные модели, такие как методология водопада, используют данные о прошлых проектах для прогнозирования сроков их завершения. Однако эти прогнозы часто оказываются неточными из-за динамичной природы разработки программного обеспечения, когда требования часто меняются в течение жизненного цикла проекта, что приводит к задержкам и увеличению затрат, не предусмотренных первоначальными оценками.

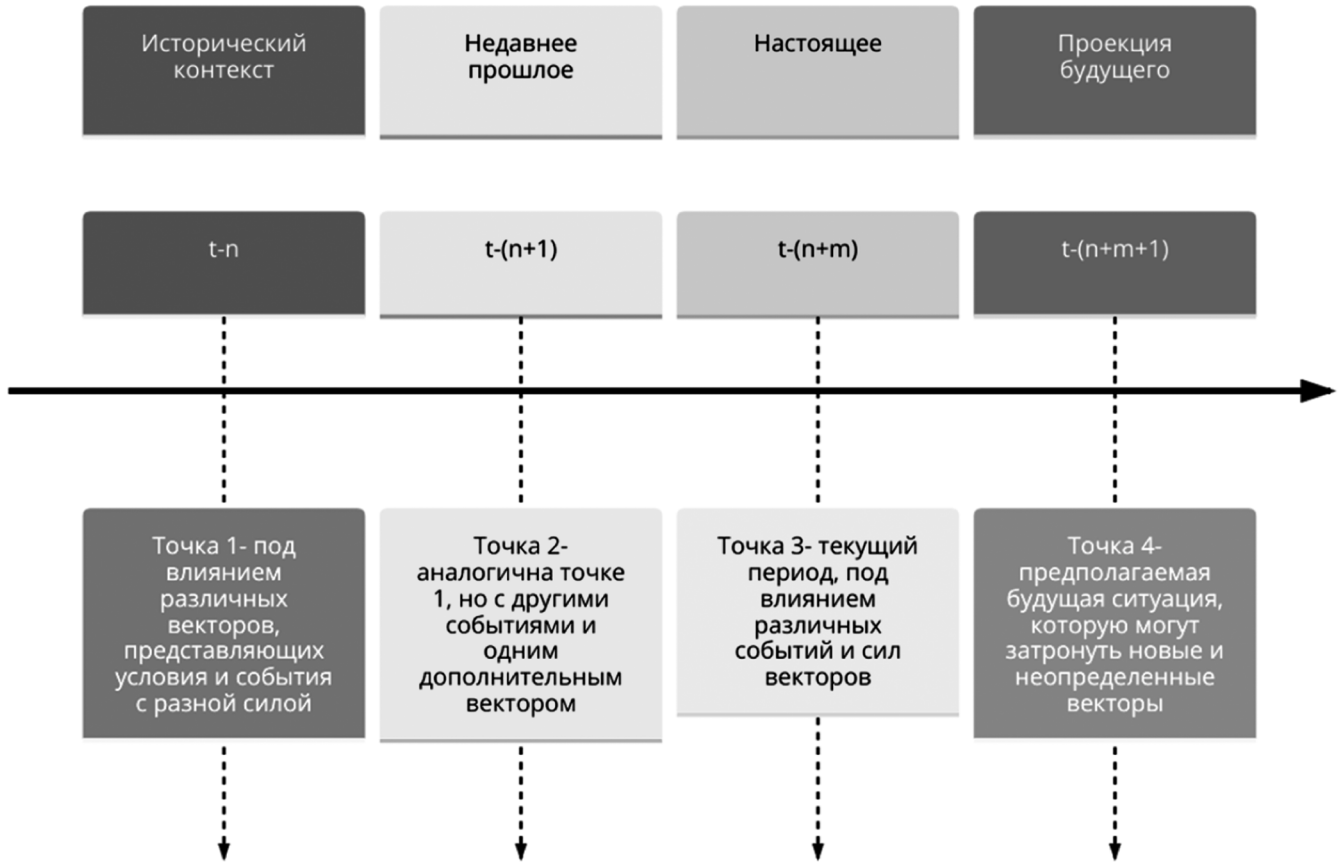
В социальных науках наглядным примером служат модели прогнозирования выборов. Традиционные методы опросов не всегда отличаются точностью в ключевых политических событиях, таких как президентские выборы в США 2016 года, когда большинство опросов неточно предсказали исход. Эти методы часто не учитывают эффект молчаливого избирателя и другие социально-психологические факторы, которые могут существенно повлиять на результаты выборов, что иллюстрирует недостаток опоры исключительно на исторические модели голосования и демографические данные. Кроме того, в контексте общественного здравоохранения модели прогнозирования эпидемий также демонстрируют свои недостатки. Например, ранние модели распространения болезни, использовавшиеся на начальных этапах пандемии COVID-19, основывались на исторических данных о предыдущих эпидемиях. Однако они не могли точно предсказать скорость распространения или влияние немедикаментозных мер, таких как социальное дистанцирование, из-за уникальных характеристик вируса и различных реакций правительств.

Эти примеры из разных областей подчеркивают критическую неадекватность традиционных методов прогнозирования при столкновении со сложными, многогранными ситуациями. Опора на исторические данные как на единственный предиктор без учета нелинейных взаимодействий, эмерджентных явлений и специфических переменных часто приводит к значительным сбоям в прогнозировании. Этот анализ не только вскрывает недостатки традиционных методов, но и подчеркивает необходимость разработки более сложных, интегративных подходов к прогнозированию, способных лучше справиться со сложностями современных научных и общественных вызовов.

Философская проблема, связанная с предсказанием будущего, особенно в контексте ограничений человеческого познания, раскрывает глубокие сложности, присущие прогнозированию. Посылка о том, что человеческое предвидение фундаментально ограничено как качеством, так и интерпретационными рамками имеющихся данных, подтверждается повсеместными проблемами валидности и надежности, которые мучают традиционные методологии прогнозирования [E. Colepicolo, 2015]. Человеческое познание, ограниченное временными и перцептивными рамками, часто не в состоянии понять многомерную и нелинейную динамику, характерную для сложных систем, что приводит к прогнозам, которые в равной степени отражают прошлые условия и являются ошибочными прогнозами на будущее. Опора на исторические данные для предсказания будущих событий, хотя и является практически необходимой, философски и методологически несовершенна, поскольку такие данные могут дать лишь моментальный снимок прошлых реалий, ограниченного контекстом, в котором они были получены [C. Kimberlin, A. Winterstein, 2008]. Интерпретационные предубеждения, присущие человеческому познанию, еще больше усугубляют эту проблему, поскольку прогнозисты могут бессознательно проецировать свои ожидания и опыт на прогностические модели, искажая результаты таким образом, чтобы они отражали их собственные когнитивные предубеждения, а не базовые данные [K. Ottenbacher, 1995].

Также проблема чрезмерной подгонки в статистическом моделировании, когда прогнозы слишком точно соответствуют конкретным историческим случаям, свидетельствует о фундаментальном непонимании стохастической природы многих явлений [H. Sudo, 2019]. Эта проблема является символом более широких эпистемологических проблем прогнозирования, когда стремление к точности часто приводит к созданию моделей, тесно связанных со своими исходными данными и, таким образом, не способных учесть непредвиденные переменные, которые неизменно влияют на будущие результаты. В свете этих соображений становится очевидным, что возможности точного прогнозирования по своей сути ограничены не только имеющимися инструментами и данными, но и когнитивными рамками, используемыми исследователями и аналитиками. Признание этих ограничений имеет решающее значение для развития методологий прогнозирования, которые одновременно обладают сложными аналитическими возможностями и учитывают нюансы человеческого познания и его предубеждения. Только благодаря такому целостному подходу научное сообщество может надеяться повысить надежность и обоснованность будущих прогнозов, принимая во внимание неопределенность, присущую сложным системам [F. Silva, 2015].

Анализ векторного прогнозирования во времени



Изучение психолингвистического восприятия письменного текста на иностранном языке требует тонкого подхода к методологии исследования, в частности использования векторного прогнозирования в качестве ключевого метода. Этот метод отказывается от традиционного линейного анализа в пользу многомерного подхода, стремясь отразить сложные взаимозависимости и динамические переменные, влияющие на лингвистическое восприятие. Векторное прогнозирование, описанное ниже, представляет собой сложную модель, которая повышает надежность и точность прогнозирования результатов исследования.

Модель векторного прогнозирования:

Точка 1 (анализ прошлого, временной период $t-n$): эта начальная точка представляет собой конкретный исторический случай изучаемого восприятия языка; на сценарий влияют различные факторы («векторы»), такие как культурный фон, предыдущее знакомство с языком и когнитивные лингвистические способности. Каждый вектор изображен с разной длиной, символизирующей силу его воздействия на психолингвистический процесс.

Точка 2 (последующий анализ, временной период $t-(n+1)$): на этом этапе аналогичные лингвистические события анализируются в несколько измененных условиях; появляются новые векторы — например, изменения в образовательных парадигмах или сдвиги в социолингвистических установках, — которые по-другому влияют на восприятие. Введение дополнительного вектора, отсутствующего в пункте 1, иллюстрирует эволюционирующую природу психолингвистических факторов.

Точка 3 (текущий анализ, временной период $t-(n+m)$): в данной точке отражено современное понимание восприятия иноязычного текста, включающее такие актуальные влияния, как воздействие цифровых медиа и глобальные лингвистические тенденции. Векторы здесь различаются по силе и типу, указывая на то, как современные достижения и меняющиеся глобальные взаимодействия изменяют восприятие языка.

Точка 4 (прогноз на будущее, временной период $t-(n+m+1)$): Проецируясь в будущее, эта точка выдвигает гипотезу о потенциальных сценариях психолингвистического восприятия. Она предполагает такие векторы развития, как технологические инновации в изучении языка и потенциальные социально-политические изме-

нения, влияющие на языковую политику. Подчеркивается неопределенность воздействия этих векторов, что подчеркивает спекулятивный характер будущей лингвистической динамики.

Методологическое применение:

Методология начинается с четкой постановки задачи, за которой следует определение горизонта прогнозирования. В процессе мозгового штурма определяются потенциальные будущие события, которые могут повлиять на психолингвистический сценарий, и классифицируются по таким агрегированным областям, как технологические, культурные и образовательные факторы. Каждое событие оценивается с точки зрения его вероятности и потенциального воздействия («сила вектора»), при этом основное внимание уделяется как зависимым, так и независимым факторам.

Эксперты в данной области играют важную роль; они оценивают взаимодействие между этими событиями и их коллективное влияние на психолингвистическую задачу. Расхождения в экспертном анализе могут привести к корректировке достоверности, присвоенной каждому кластеру событий. Совокупность этих векторов формирует комплексный прогноз, закладывая основу для анализа «обратного дерева решений», прослеживая вероятности от будущего к настоящему.

Аналитическая и фактологическая интеграция:

Это методологическое повествование сочетает в себе подробный фактический отчет с аналитической глубиной, избегая стилистических элементов художественного повествования и сосредоточившись строго на научном дискурсе. Используя передовые статистические методы и многомерный анализ данных, подход векторного прогнозирования не только углубляет понимание психолингвистической динамики, но и подчеркивает важность адаптации к многогранному характеру языкового восприятия и прогнозирования. Опора исследования на строгие, научно обоснованные методы обеспечивает целостность и применимость его выводов, создавая надежную основу для будущих исследований в области психолингвистики.

Результат этого исследования подчеркивает необходимость тонкого применения и критического анализа исторических данных при прогнозировании будущих событий; такое осмысление выявляет тонкости и ограничения, присущие традиционным прогностическим моделям, которые часто предполагают линейную непрерывность, что редко имеет место в сложных динамических системах. Это исследование еще раз подтверждает тезис о том, что для более точных и надежных прогнозов необходимо использовать комплексные подходы,

такие как векторное прогнозирование, которое, учитывая множество переменных и предусматривая различные потенциальные сценарии, предлагает надежную основу для преодоления неопределенности сложных систем. Например, в области изменения климата традиционные модели, основанные только на исторических данных о температуре, были превзойдены векторными подходами, которые объединяют более широкий спектр экологических, политических и технологических переменных, обеспечивая тем самым более точные прогнозы тенденций глобального потепления и их потенциальных последствий.

Интеграция передовых статистических методов и использование многомерного анализа данных не только повышают точность прогнозов, но и отражают более глубокое понимание многогранной природы изучаемых явлений. В заключение следует отметить, что результаты данного исследования свидетельствуют о необходимости смены парадигмы прогностического моделирования, перехода от традиционных, зачастую одномерных подходов к более сложным, интегративным методологиям, признающим и учитывающим сложность систем, которые они призваны прогнозировать. Этот сдвиг не только методологический, но и эпистемологический, отражающий более широкую переоценку того, как неопределенность будущего концептуализируется и рассматривается в научных исследованиях.

Данное исследование освещает критический момент в эволюции прогностических методологий в научном сообществе; оно подчеркивает необходимость признания и преодоления ограничений, присущих традиционным моделям прогнозирования, которые часто слишком сильно полагаются на линейные предположения, полученные из исторических данных. Значение этого исследования выходит за рамки теоретических размышлений, оказывая влияние на практическое применение в различных дисциплинах: от экономики, где непредсказуемость динамики рынка может не поддаваться традиционным моделям, до здравоохранения, где распространение новых патогенов может не следовать историческим закономерностям. Недостаточность традиционных методов — о чем свидетельствуют их частые неудачи в предвидении крупных экономических спадов, технологических сбоев и социальных потрясений — стимулирует спрос на новые, более адаптивные методы прогнозирования. Подобные методы, такие как метод векторного прогнозирования, рассматриваемый в настоящей статье, объединяют множество источников данных и используют сложные алгоритмы для лучшей обработки нелинейных взаимозависимостей, характерных для систем реального мира. Применение таких подходов позволяет не только повысить точность прогнозирования, но и получить более детальное представление о потенциальных сценариях будущего, что дает возмож-

ность политикам, руководителям предприятий и исследователям принимать более обоснованные решения.

Для последующего развития этой области необходимы дальнейшие исследования: они должны быть направлены на совершенствование этих интегративных моделей, изучение их применимости в различных секторах и проверку их устойчивости в различных условиях. Разработка предложенных методологий потребует совместных усилий, объединяющих теоретиков и практиков в стремлении разработать надежные инструменты прогнозирования, способные выдержать испытания непредсказуемостью, присущей сложным системам. При этом интеграция новых технологий, таких как ма-

шинное обучение и аналитика больших данных, в эти модели прогнозирования представляет собой благодатную почву для будущих исследований, обещая раскрыть новые измерения предсказательной силы. Резюмируем, что поиск передовых методов прогнозирования — это не просто академическое занятие, а практическая необходимость в эпоху, характеризующуюся быстрыми изменениями и присущей ей неопределенностью. Разработка и совершенствование этих методов, несомненно, станет краеугольным камнем будущих исследовательских инициатив, направленных не только на прогнозирование, но и на подготовку к решению многочисленных задач и использованию возможностей, которые ждут нас впереди.

ЛИТЕРАТУРА

1. Abdesslem, F., Parris, I., & Henderson, T., 2012. Reliable Online Social Network Data Collection. pp. 183–210. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4054-2_8.
2. Ahmed, I., & Ishtiaq, S., 2021. Reliability and validity: Importance in Medical Research. JPMA. The Journal of the Pakistan Medical Association, 71 10, pp. 2401–2406. <https://doi.org/10.47391/JPMA.06-861>.
3. Battineni, G., Baldoni, S., Chintalapudi, N., Sagaro, G., Pallotta, G., Nittari, G., & Amenta, F., 2020. Factors affecting the quality and reliability of online health information. Digital Health, 6. <https://doi.org/10.1177/2055207620948996>.
4. Bolarinwa, O., 2015. Principles and methods of validity and reliability testing of questionnaires used in social and health science researches. Nigerian Postgraduate Medical Journal, 22, pp. 195–201. <https://doi.org/10.4103/1117-1936.173959>.
5. Colepicolo, E., 2015. Information reliability for academic research: review and recommendations. New Library World, 116, pp. 646–660. <https://doi.org/10.1108/NLW-05-2015-0040>.
6. Drost, E., 2011. Validity and Reliability in Social Science Research. Education research and perspectives, 38, pp. 105–123.
7. Green, C., Chen, C., Helms, J., & Henze, K., 2011. Recent reliability reporting practices in Psychological Assessment: recognizing the people behind the data. Psychological assessment, 23 3, pp. 656–69. <https://doi.org/10.1037/a0023089>.
8. Habbal, F., 2023. The Implications and Efficacy of Online Verification Tools in Scientific Research and Citation Practices. International Journal of Automation and Digital Transformation. <https://doi.org/10.54878/mnart786>.
9. Kimberlin, C., & Winterstein, A., 2008. Validity and reliability of measurement instruments used in research.. American journal of health-system pharmacy: AJHP: official journal of the American Society of Health-System Pharmacists, 65 23, pp. 2276–84. <https://doi.org/10.2146/ajhp070364>.
10. Lesko, N., 2023. Implementation of the principle of reliability of information in the field of providing access to information. Visnik Nacional'nogo universiteta «Lvivska politehnika». Seria: Uridicni nauki. <https://doi.org/10.23939/law2023.37.153>.
11. Liu, J., Li, J., Li, W., & Wu, J., 2016. Rethinking big data: A review on the data quality and usage issues. Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 115, pp. 134–142. <https://doi.org/10.1016/J.ISPRSJPRS.2015.11.006>.
12. Nasrabad, R., 2018. Criteria of Validity and Reliability in Qualitative Research. Journal of Qualitative Research in Health Sciences, 6, pp. 493–499.
13. Olayinka, S., & Abideen, T., 2023. Reliability of research instruments in management sciences research: an explanatory perspective. Scientific Papers of Silesian University of Technology. Organization and Management Series. <https://doi.org/10.29119/1641-3466.2022.166.46>.
14. Ottenbacher, K., 1995. An Examination of Reliability in Developmental Research. Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics, 16, pp. 177–182. <https://doi.org/10.1097/00004703-199506000-00005>.
15. Sells, S., Bassing, S., Barker, K., Forshee, S., Keever, A., Goerz, J., & Mitchell, M., 2018. Increased scientific rigor will improve reliability of research and effectiveness of management. Journal of Wildlife Management, 82, pp. 485–494. <https://doi.org/10.1002/JWVG.21413>.
16. Silva, F., Gonçalves, E., Arancibia, B., Bento, G., Castro, T., Hernandez, S., & Silva, R., 2015. [Estimators of internal consistency in health research: the use of the alpha coefficient].. Revista peruana de medicina experimental y salud publica, 32 1, pp. 129–38.
17. Sudo, H., 2019. [Research Reliability Required in Academia]. Yakugaku zasshi : Journal of the Pharmaceutical Society of Japan, 139 6, pp. 891–898. <https://doi.org/10.1248/yakushi.18-00193-4>.
18. Taherdoost, H., 2016. Validity and Reliability of the Research Instrument; How to Test the Validation of a Questionnaire/Survey in a Research. , 5. <https://doi.org/10.2139/SSRN.3205040>.

© Архиреев Алексей Владимирович (Alexey123@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОДОБРЕНИЯ КРЕДИТОВ

A DECISION SUPPORT SYSTEM BASED ON REINFORCEMENT LEARNING TO AUTOMATE THE LOAN APPROVAL PROCESS

Z. Askerov

Summary. This article is devoted to the development and implementation of a decision support system based on reinforcement learning to automate the loan approval process. The paper discusses key aspects of reinforcement learning, including agent behavior modeling, state and action space definition and analysis, and strategy updating mechanisms based on received rewards. Examples of the system's use in the banking sector, features of integration with existing banking systems, and challenges related to data protection and privacy are presented.

Keywords: reinforcement learning, decision support system, loan approval automation, artificial intelligence, data protection.

Аскеров Заур Ханахмедович

аспирант, Национальный Исследовательский
Ядерный Институт МИФИ, Москва
zaur_askerov_1998@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена разработке и внедрению системы поддержки принятия решений на основе обучения с подкреплением для автоматизации процесса одобрения кредитов. В работе рассматриваются ключевые аспекты обучения с подкреплением, включая моделирование поведения агентов, определение и анализ пространства состояний и действий, а также механизмы обновления стратегий на основе полученных наград. Приводятся примеры использования системы в банковской сфере, особенности интеграции с существующими банковскими системами, а также обсуждаются вызовы, связанные с защитой данных и конфиденциальностью.

Ключевые слова: обучение с подкреплением, система поддержки принятия решений, автоматизация кредитования, искусственный интеллект, защита данных.

В современном мире, где скорость и точность принятия финансовых решений становятся максимально важны, автоматизация финансовых услуг с использованием методов искусственного интеллекта становится не просто тенденцией, а необходимостью. Одним из наиболее перспективных направлений в этой области является применение обучения с подкреплением (Reinforcement Learning, RL) — метода машинного обучения, который позволяет системам автоматически оптимизировать процессы принятия решений на основе взаимодействия с окружающей средой [8].

Целью данной работы является разработка и внедрение системы поддержки принятия решений на основе обучения с подкреплением для автоматизации процесса одобрения кредитов. Эта система предназначена для повышения эффективности кредитных операций путем автоматизации процессов анализа и одобрения заявок на кредиты, что позволяет существенно сократить время обработки заявок и уменьшить человеческий фактор при оценке кредитоспособности клиентов [4].

В работе рассматриваются основные компоненты системы обучения с подкреплением, включая агентов, среду, награды и стратегии, а также методы их взаимодействия и обучения. Особое внимание уделяется вопросам интеграции системы с существующими банковскими

системами, а также проблемам защиты данных и конфиденциальности, возникающим в процессе автоматизации кредитных операций [5].

Обучение с подкреплением является направлением машинного обучения, где агенты автоматически определяют идеальные действия в конкретной среде для максимизации накопленной награды [3]. Этот процесс включает в себя обучение оптимальной стратегии действий через испытания, ошибки и корректировку на основе полученного опыта [2].

Основные компоненты обучения с подкреплением:

1. Агенты:

Агенты в RL — это субъекты или программы, которые выполняют действия в среде. Агенты принимают решения на основе текущего состояния среды с целью максимизации суммарной будущей награды. Они обучаются выбирать действия, которые увеличивают вероятность достижения желаемых результатов, часто через методы проб и ошибок.

2. Среда:

Среда в RL описывает мир или контекст, в котором действует агент. Среда отвечает на действия агента, пре-

доставляя новые состояния и награды. Состояния могут включать различные наблюдаемые параметры, необходимые агенту для оценки текущих условий и выбора следующего действия.

3. Награды:

Награда — это сигнал, который агент получает от среды после выполнения действия. Награда может быть положительной или отрицательной и служит указателем на «хорошее» или «плохое» действие в контексте задачи. Обучение с подкреплением направлено на максимизацию суммарной награды, которую агент получает со временем.

4. Стратегии:

Стратегия (или политика) определяет, как агент выбирает действие на основе наблюдаемого состояния среды. Стратегия может быть детерминированной, где для каждого состояния существует конкретное действие, или стохастической, где результаты действий не всегда предсказуемы. Цель обучения — найти стратегию, которая максимизирует суммарную награду [1].

В различных сферах, включая игры (например, Go и шахматы), автономные транспортные средства (управление беспилотными автомобилями), робототехнику (автоматизация роботизированных задач) и здравоохранение (оптимизация лечебных процедур), обучение с подкреплением показало свою эффективность.

В финансовых услугах RL может использоваться для автоматизации и оптимизации решений о кредитовании, управлении инвестиционными портфелями и ценообразовании в реальном времени. Применимость RL к финансовым услугам обусловлена его способностью адаптироваться к изменяющимся условиям рынка и принимать решения на основе сложных, непредсказуемых переменных рыночной среды [6].

Основа системы — это модель, которая обрабатывает кредитные данные, прогнозируя результаты заявок на основе исторических данных о клиентах. Это включает информацию от кредитных бюро, данные о предыдущих кредитах и информацию, предоставленную клиентами при подаче заявки.

Система использует алгоритмы Q-обучения, обучаясь на симуляции кредитного бизнес-процесса. Это позволяет системе оптимизировать порог одобрения в реальном времени, постоянно корректируя его в зависимости от изменений в данных и рыночной среде [2].

Система интегрирована с банковскими системами для обеспечения бесперебойного взаимодействия. Ин-

терфейсы позволяют системе обмениваться данными с банком, автоматически принимать решения о кредитах на основе текущего порога одобрения, установленного алгоритмами RL.

На рисунке 1 показана диаграмма работы системы принятия решений.



Рис. 1. Диаграмма работы

Клиент начинает процесс, отправляя запрос на подачу заявки на кредит, а система отвечает подтверждением приема заявки. Это визуализация является хорошим началом для описания процесса обмена информацией в автоматизированной системе кредитования.

Модель данных включает:

1. Сбор данных: Интеграция с банковскими системами позволяет системе автоматически собирать данные о клиентах, включая кредитные истории, демографические данные и информацию о предыдущих займах.
2. Обработка данных: Данные обрабатываются для создания профилей заемщиков, которые включают оценки кредитоспособности, основанные на историческом поведении и возвращаемости кредитов.

Алгоритмы обучения включают [10]:

1. Обучение с подкреплением (Reinforcement Learning, RL): Система использует Q-обучение для динамической адаптации порога кредитного скоринга, оптимизируя его для максимизации прибыли.
2. Адаптация к изменениям: Алгоритмы постоянно анализируют входящие данные о новых займах и их исходах, корректируя стратегии в реальном времени для учета новой информации и изменений в экономической среде.

Интерфейсы включают [7]:

1. API для интеграции: система обеспечивает API-интерфейсы для интеграции с банковскими и кредитными системами, что позволяет обмениваться данными в реальном времени.

2. Интерфейс пользователя: для операторов кредитных отделов предусмотрены интерфейсы, позволяющие визуализировать текущие параметры модели, истории одобрений и отказов, а также управлять настройками порогов скоринга.

Для обучения системы, использующей обучение с подкреплением для автоматизации процесса одобрения кредитов, были использованы датасеты, сгенерированные в рамках симуляции. Эти данные основываются на историческом периоде с 24 мая 2015 года по 9 июля 2017 года, включающем 112 наблюдений, каждое из которых соответствует одной неделе.

Описание данных:

В каждой симулированной неделе генерировались следующие данные:

- Количество новых и повторных заявок на кредиты от клиентов.
- Сумма займа и срок, на который он выдан.
- Потенциальная прибыль от каждого займа.
- Параметры, указывающие, просрочит ли клиент платеж или вернет долг после процедуры взыскания.
- Предсказания кредитного скоринга, сгенерированные моделью компании на основе этих данных.

Процесс обучения:

Обучение проводилось в течение 100 тренировочных эпизодов. Каждый эпизод включал следующие шаги:

1. Генерация состояния (например, недельная норма одобрения) и передача его агенту.
2. Агент предсказывал Q-значения для действий (пороги одобрения), используя модель функции ценности.
3. На основе предсказанных Q-значений и политики обучения (Boltzmann-Q) выбиралось действие (порог одобрения на следующую неделю).
4. Среда генерировала новое состояние на основе выбранного действия и выдавала награды (прибыль).
5. Обновление модели функции ценности на основе полученных наград и истории действий.

Использование сгенерированных данных вместо реальных данных в обучении моделей машинного обучения, особенно в сфере кредитования, часто обусловлено вопросами конфиденциальности и защиты данных:

1. Реальные данные клиентов часто содержат конфиденциальную информацию, такую как личные идентификаторы, финансовые данные, историю транзакций и кредитную историю. Использование этих данных без соответствующих мер безопасно-

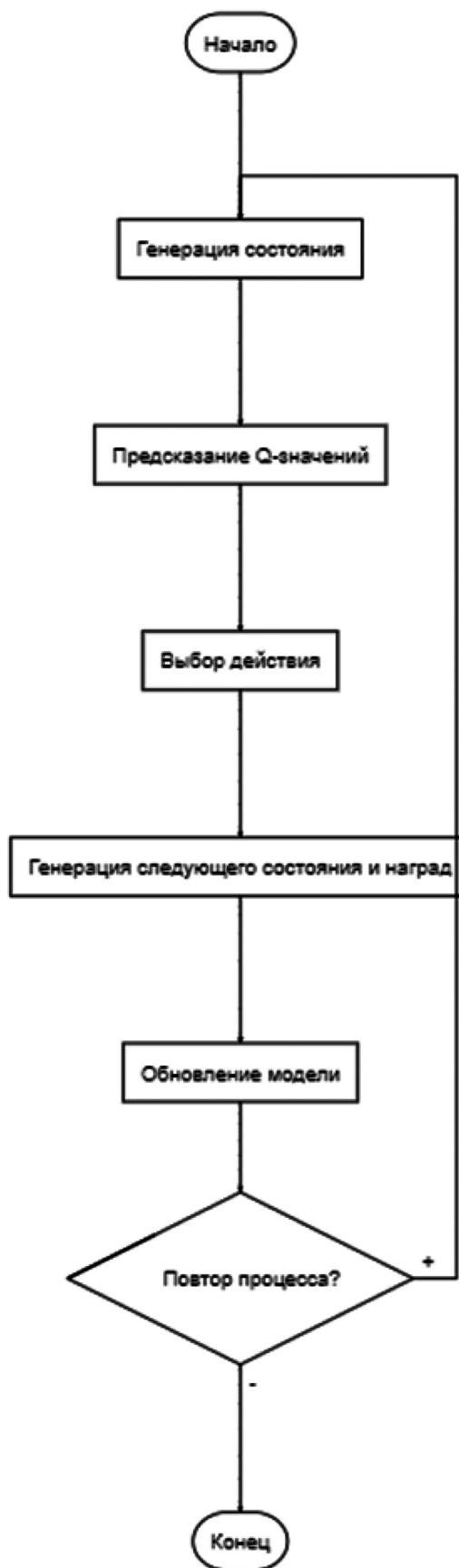


Рис. 2. Алгоритм обучения

сти и согласия субъектов данных может нарушить законодательные требования, такие как GDPR или другие местные нормы защиты данных.

2. Законы о защите данных во многих странах требуют, чтобы данные обрабатывались законно, справедливо и прозрачно. Использование реальных данных без ясного согласия может подвергнуть организации юридическим рискам, включая штрафы и ущерб репутации.
3. Генерация данных позволяет исследователям создавать сценарии, которые точно отражают различные аспекты кредитного процесса, при этом обеспечивая полный контроль над распределением и характеристиками данных. Это помогает избежать случайных искажений, которые могут возникнуть при использовании реальных данных.
4. Использование реальных данных может поднимать этические вопросы, особенно если данные использовались без адекватного информирования субъектов о том, как и для каких целей они будут использоваться.
5. Сгенерированные данные могут быть спроектированы таким образом, чтобы они отражали разнообразные условия и сценарии, что улучшает способность модели к обобщению на новые, неизведанные данные.

Для реализации системы автоматизации процесса одобрения кредитов с использованием обучения с подкреплением были применены различные технологии и инструменты, основанные на текущих тенденциях в области искусственного интеллекта и машинного обучения.

Основные технологии и инструменты [9]:

1. Язык программирования Python остается основным инструментом для разработки систем обучения с подкреплением, благодаря своей гибкости и обширной поддержке библиотек машинного обучения.
2. TensorFlow и PyTorch. Эти фреймворки глубокого обучения используются для создания и тренировки нейронных сетей, которые могут оценивать возможные действия и их последствия в контексте задачи одобрения кредитов.
3. Ray RLlib. Эта библиотека предлагает удобные инструменты для распределенного обучения с подкреплением, поддерживая различные алгоритмы RL и предоставляя единый API для обучения и взаимодействия с моделями. RLlib используется в различных областях, включая финансовую торговлю и оптимизацию сетей, что делает его идеальным выбором для решения сложных оптимизационных задач в разных отраслях.
4. Имитационное моделирование (Simulation Modeling). Для обучения агентов RL часто исполь-

зуются симуляторы или «цифровые двойники», которые воспроизводят условия реального мира и предоставляют платформу для тренировки агентов без риска для реальных операций.

5. Облачные вычисления. Платформы, такие как Amazon SageMaker, предоставляют инфраструктуру для тренировки и развертывания моделей машинного обучения в масштабе, что критически важно для обработки больших объемов данных и сложных вычислений, связанных с RL.

Построение модели окружающей среды для агента ИИ в системе поддержки принятия решений на основе обучения с подкреплением включает разработку симуляционной среды, которая воссоздает условия реального мира, с которыми сталкивается агент. Сам процесс представлен ниже:

1. Определение пространства состояний и действий.

Среда, разработанная на базе класса `gym.Env`, определяет пространства состояний и действий, а также устанавливает обмен состоянием, действием и наградой между агентом и средой.

Здесь `action_space` и `observation_space` определяют в зависимости от типа действий (дискретные или непрерывные), что позволяет моделировать различные сценарии взаимодействия агента с средой.

2. Взаимодействие с агентом.

Среда получает действия от агента, генерирует новые состояния на основе этих действий и вычисляет награды. Это процесс включает динамическое вычисление характеристик портфеля займов и получаемых наград.

Метод `_step` обрабатывает действие, отправленное агентом, и возвращает новое состояние, награду и информацию о том, завершен ли эпизод.

3. Настройка параметров и инициализация.

Перед началом обучения агента параметры среды настраиваются для отражения специфических условий, таких как искажения в данных или особенности кредитного портфеля.

Конструктор класса `SimulationEnv` позволяет задать искажения, которые могут имитировать различные экономические условия или изменения в поведении заемщиков.

В ходе данной работы была разработана и протестирована система поддержки принятия решений на основе обучения с подкреплением, предназначенная для

автоматизации процесса одобрения кредитов. Эта система продемонстрировала свою эффективность в оптимизации кредитных операций, позволяя существенно сократить время обработки заявок и улучшить точность принятия решений.

Основные преимущества данной системы заключаются в способности адаптироваться к меняющимся условиям рынка и принимать решения на основе анализа большого количества данных. Это делает её перспективным инструментом для банковских организаций, стремящихся к автоматизации и повышению эффективности своих операций.

В процессе работы были выявлены и решены несколько ключевых проблем, связанных с защитой дан-

ных и конфиденциальностью, что подтвердило возможность безопасного использования системы в реальных условиях. Кроме того, система интегрирована с существующими банковскими системами, что упрощает её внедрение и использование в практике кредитования.

Для дальнейших исследований предлагается рассмотреть возможность расширения области применения системы поддержки принятия решений на основе обучения с подкреплением, включая другие сферы финансовых услуг, такие как управление инвестиционными портфелями или оценка рисков. Также интересным направлением может стать разработка более сложных моделей, способных учитывать дополнительные факторы, влияющие на кредитные решения, и взаимодействие с другими системами искусственного интеллекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллаев, Э.А. Искусственный интеллект: текущие достижения и перспективы / Э.А. Абдуллаев. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2023. — № 33 (480). — С. 9–10. — URL: <https://moluch.ru/archive/480/105512/> (дата обращения: 23.04.2024).
2. Ванг З., Ду Я., Чжан Ю., Фанг М., Хуанг Б. МАССА: Офлайн многоагентное обучение с подкреплением с каузальным распределением кредита // Сайт ar5iv.org. Дата обновления: 27.02.2024. URL: <https://ar5iv.labs.arxiv.org/html/2312.03644>.
3. Ванг Ч., Сяо З. Глубокое обучение для оценки кредитоспособности с использованием трансформера встроенных особенностей // Applied Sciences. 2022. Т. 12. № 21. Стр. 10995. DOI: <https://doi.org/10.3390/app122110995>.
4. Данг Т.К., Тран Т.С., Туан Л.М., Тиеп М.В. Машинное обучение на основе методов пересэмплирования и глубокого обучения с подкреплением для систем обнаружения мошенничества с кредитными картами // Applied Sciences. 2021. Т. 11. № 21. Стр. 10004. DOI: <https://doi.org/10.3390/app112110004>.
5. Искусственные нейронные сети: учебник / В.В. Цехановский, Е.Ю. Бутырский, Н.А. Жукова [и др.] ; под ред. В.В. Цехановского. — Москва: КноРус, 2024. — 350 с. — ISBN 978-5-406-13273-9. — URL: <https://book.ru/book/954274> (дата обращения: 23.04.2024). — Текст: электронный.
6. Искусственные нейронные сети. Практикум: учебное пособие / Е.Ю. Бутырский, Н.А. Жукова, В.Б. Мельников [и др.]; под ред. В.В. Цехановского. — Москва: КноРус, 2024. — 381 с. — ISBN 978-5-406-12340-9. — URL: <https://book.ru/book/951505> (дата обращения: 23.04.2024). — Текст: электронный.
7. Можжухина, А.В. Повышение эффективности размещения элементов БИС на основе алгоритмов машинного обучения / А.В. Можжухина. — Текст: непосредственный // Исследования молодых ученых: материалы XXXIII Междунар. науч. конф. (г. Казань, февраль 2022 г.). — Казань: Молодой ученый, 2022. — С. 9–15. — URL: <https://moluch.ru/conf/stud/archive/427/17004/> (дата обращения: 23.04.2024).
8. Пахса А. Финансовые технологии систем поддержки принятия решений // Журнал электрических систем и информационных технологий. 2024. Т. 11. Статья № 5. Доступ: <https://journal.example.com>. Дата обращения: 15.01.2024.
9. Пиньятелли Э., Феррет Дж., Гейст М., Меснар Т., Ван Хасселт Х., Тони Л. Обзор временного распределения кредита в глубоком обучении с подкреплением // Papers With Code. Дата публикации: 2 дек. 2023. URL: <https://paperswithcode.com/paper/a-survey-of-temporal-credit-assignment-in>.
10. Сивамайил К., Раджасекар Э., Альджафари Б., Николовски С., Ваиравасундарам С., Ваиравасундарам И. Систематическое исследование приложений на основе обучения с подкреплением // Energies. 2023. Т. 16. № 3. Стр. 1512. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16031512>.

© Аскеров Заур Ханахмедович (zaur_askerov_1998@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ АНТИВИРУСНЫХ ПРОГРАММ ПО ЗАЩИТЕ ИНФОРМАЦИИ

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF ANTI-VIRUS PROGRAMS TO PROTECT INFORMATION

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

Summary. Currently, federal executive authorities have defined [1] a list of requirements for anti-virus protection tools, as well as protection profiles for anti-virus protection tools of protection classes 1, 2 and 3, which necessitates the development of a methodology for determining the effectiveness of various anti-virus programs based on the results of processing the proposed set of parameters.

The basis of this study is the possibility of installing such an antivirus program on an information system, which allows you to identify incidents related to the use of malicious software, track and destroy malicious software for some time. At the same time, the limitation of the functionality of the presented antivirus program determines the inability to respond to new impacts within the stated time.

The task of this work is to find the probability of occurrence of an event for an arbitrary time interval, which consists in the ability to count and destroy all harmful effects.

Keywords: information security, threat detection models, counteraction to threats, statistical methods of information security.

Постановка задачи и ограничения на нее

По результатам ряда экспериментов получено статистически достоверное число атак вредоносных компьютерных программ на информационную систему на единичном интервале времени, используемое в качестве делимого. В качестве делителя задано число неудачных экспериментов, при которых в течение задан-

Атласов Игорь Викторович

Д.н., профессор,

Московский университет МВД России имени В.Я. Кикотя

Плотников Герман Геннадьевич

Д.н., профессор,

Московский университет МВД России имени В.Я. Кикотя

gr175@mail.ru

Елин Владимир Михайлович

К.п.н., доцент,

Московский университет МВД России имени В.Я. Кикотя;

Финансовый университет при Правительстве

Российской Федерации, Москва

elin_VM@mail.ru

Зарипова Эльвира Ринатовна

К.н., доцент,

Московский университет МВД России имени В.Я. Кикотя;

МИРЭА — Российский технологический университет

ezarip@gmail.com

Аннотация. В настоящее время федеральными органами исполнительной власти определен [1] перечень требований к средствам антивирусной защиты, а также профили защиты средств антивирусной защиты 1, 2 и 3 классов защиты, в связи с чем возникает необходимость разработки методики определения эффективности различных антивирусных программ по результатам обработки предлагаемой совокупности параметров.

В основу настоящего исследования положена возможность установки на информационную систему такой антивирусной программы, которая позволяет выявить инциденты, связанные с применением вредоносного программного обеспечения, отследить и уничтожить вредоносное программное обеспечение в течение некоторого времени t . При этом ограничением функциональности представленной антивирусной программы определена невозможность реагировать на новые воздействия в течение заявленного времени t .

Задачей настоящей работы выступает нахождение вероятности наступления события для произвольного времени t на интервале $[0, t]$, заключающегося в возможности сосчитать и уничтожить все вредоносные воздействия.

Ключевые слова: информационная безопасность, модели выявления угроз, противодействие угрозам, статистические методы информационной безопасности.

ного отрезка времени наступил инцидент, выражающийся хотя бы в единичном вредоносном воздействии [2;3].

Представлено также среднее время обработки вредоносного воздействия (взятое из характеристик антивирусной программы). Выбирая некоторое (в зависимости от эффективности работы антивирусной программы) необходимой нам для оценивания больших или малых

промежутков времени), число из статистических выводов следует определить антивирусную программу с наиболее высокими показателями.

Найдем вероятность обнаружения вредоносных воздействий на промежутке времени $[0, t]$. Обозначим через $A(t_1, t_2)$, событие, состоящее в том, что на интервале времени $[t_1, t_2]$ все вредоносные воздействия сосчитаны. Через $B_k^{(t_1, t_2)}$ событие, состоящее в том, что прошло ровно k вредоносных воздействий за интервал времени $[t_1, t_2]$. Через $B_{>1}^{(t_1, t_2)}$ событие, состоящее в том, что прошло более 1 вредоносного воздействия за интервал времени $[t_1, t_2]$. Обозначим $\pi(t) = P(A(0, t))$.

Обозначим символом p_0 вероятность того, что на интервале $[0, 1]$ не произошло ни одного события

$$p_0 = P(B_0^{(0,1)}), a = -\ln(P(B_0^{(0,1)})).$$

Появление вредоносного воздействия будем в дальнейшем называть событием. Относительно появления вредоносных воздействий предположим следующее:

1. Вероятность появления более одного события за бесконечно малый промежуток времени является бесконечно малой величиной

$$P(B_{>1}(t_1, t_1 + \Delta t)) = o(\Delta t).$$

2. Функция $\pi(t)$ непрерывна на интервале $[0, \infty]$ и $\pi(0) = 1$.
3. Вероятность появления не одного события за бесконечно малый промежуток времени является бесконечно близкой к единице величиной

$$P(B_0^{(t_1, t_1 + \Delta t)}) = 1 + o(\Delta t).$$

4. Вероятности появления одинакового числа событий за равные по длине промежутки времени совпадают

$$P(B_k^{(t_1, t_1 + \Delta t)}) = P(B_k^{(t_2, t_2 + \Delta t)}).$$

5. События, произошедшие за непересекающиеся промежутки времени, независимы. Пусть $t_2 \leq t_3$. В этом случае

$$P(B_k^{(t_1, t_2)} \cap B_m^{(t_3, t_4)}) = P(B_k^{(t_1, t_2)})P(B_m^{(t_3, t_4)}).$$

Для натурального m из свойства 3 и 2, имеем

$$\begin{aligned} P(B_0^{(0, m)}) &= P\left(\prod_{k=0}^{m-1} B_0^{(k, k+1)}\right) = \\ &= \prod_{k=0}^{m-1} P(B_0^{(k, k+1)}) = \prod_{k=0}^{m-1} P(B_0^{(0, 1)}) = p_0^m. \end{aligned}$$

Разделим интервал $[0, m]$ на n равных частей. Из свойств 2 и 3 имеем

$$\begin{aligned} P(B_0^{(0, m)}) &= P\left(\prod_{k=0}^{n-1} B_0^{(\frac{km}{n}, \frac{(k+1)m}{n})}\right) = \\ &= \prod_{k=0}^{n-1} P\left(B_0^{(\frac{km}{n}, \frac{(k+1)m}{n})}\right) = \prod_{k=0}^{n-1} P\left(B_0^{(0, \frac{m}{n})}\right) = \\ &= P^n\left(B_0^{(0, \frac{m}{n})}\right) = p_0^m. \end{aligned}$$

Отсюда следует, что

$$P\left(B_0^{(0, \frac{m}{n})}\right) = p_0^{\frac{m}{n}}.$$

Для любого $s \in R$ можно подобрать монотонную возрастающую последовательность рациональных чисел

$$s_k = \frac{m_k}{n_k}, \text{ такую что}$$

$$|s - s_k| \rightarrow 0 \text{ при } k \rightarrow \infty.$$

В этом случае,

$$\begin{aligned} P(B_0^{(0, s)}) &= P(B_0^{(0, s_k)} \cap B_0^{(s_k, s)}) = \\ &= P\left(B_0^{(0, \frac{m}{n})}\right)P(B_0^{(s_k, s)}) = p_0^{\frac{m}{n}} P(B_0^{(0, s-s_k)}). \end{aligned}$$

По условию задачи при $|s - s_k| \rightarrow 0$ справедливо условие

$$P(B_0^{(0, s-s_k)}) \rightarrow 1 \text{ при } k \rightarrow \infty.$$

Поэтому, из ряда Тейлора следует

$$\begin{aligned} P(B_0^{(0, s)}) &= \lim_{k \rightarrow \infty} \left(p_0^{\frac{m}{n}} P(B_0^{(s-s_k)}) \right) = \\ &= \lim_{k \rightarrow \infty} p_0^{\frac{m}{n}} \lim_{k \rightarrow \infty} P(B_0^{(s-s_k)}) \rightarrow p_0^s = \\ &= e^{-s(-\ln p_0)} \stackrel{\text{def}}{=} e^{-as} = 1 - as + o(s). \end{aligned} \tag{1}$$

Заметим, что

$$\begin{aligned} P(B_0^{(t_1, t_2)} \cup B_1^{(t_1, t_2)} \cup B_{>1}^{(t_1, t_2)}) &= \\ &= P(B_0^{(t_1, t_2)}) + P(B_1^{(t_1, t_2)}) + P(B_{>1}^{(t_1, t_2)}) = 1. \end{aligned}$$

Так как

$$P(B_{>1}^{(t_1, t_2)}) = P(B_{>1}^{(0, t_2 - t_1)}) = o(t_2 - t_1),$$

то

$$P(B_1^{(t_1, t_2)}) = P(B_1^{(0, t_2 - t_1)}) = a(t_2 - t_1) + o(t_2 - t_1).$$

Окончательно, имеем

$$\begin{aligned} P(B_0^{(t_1, t_2)}) &= P(B_0^{(0, t_2 - t_1)}) \stackrel{def}{=} e^{-a(t_2 - t_1)} = \\ &= 1 - a(t_2 - t_1) + o(t_2 - t_1) \\ P(B_1^{(t_1, t_2)}) &= P(B_1^{(0, t_2 - t_1)}) = a(t_2 - t_1) + o(t_2 - t_1) \quad (2) \\ P(B_{>1}^{(t_1, t_2)}) &= P(B_{>1}^{(0, t_2 - t_1)}) = o(t_2 - t_1) \end{aligned}$$

Решение задачи

Рассмотрим ряд случаев.

Пусть $0 < t < \tau$ и $\Delta t > 0$. Рассмотрим рисунок ниже

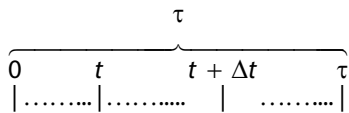


Рис. 1

Имеем

$$\begin{aligned} A(0, t + \Delta t) &= \\ &= B_0^{(0, t)} B_1^{(t, t + \Delta t)} + B_0^{(0, t)} B_0^{(t, t + \Delta t)} + B_1^{(0, t)} B_0^{(t, t + \Delta t)} = \quad (3) \\ &= B_0^{(0, t)} B_1^{(t, t + \Delta t)} + B_0^{(t, t + \Delta t)} [B_0^{(0, t)} + B_1^{(0, t)}]. \end{aligned}$$

Очевидно, что

$$A(0, t) = B_0^{(0, t)} + B_1^{(0, t)}.$$

Поэтому, равенство (3) превращается в равенство

$$A(0, t + \Delta t) = B_0^{(0, t)} B_1^{(t, t + \Delta t)} + B_0^{(t, t + \Delta t)} A(0, t). \quad (4)$$

Заметим, что события $A(0, t) B_0^{(t, t + \Delta t)}$ и $B_0^{(0, t)} B_1^{(t, t + \Delta t)}$ несовместимы, так как противоположены события $B_0^{(t, t + \Delta t)}$ и $B_1^{(t, t + \Delta t)}$. Поэтому,

$$\begin{aligned} P(A(0, t + \Delta t)) &= \\ &= P(B_0^{(0, t)} B_1^{(t, t + \Delta t)}) + P(B_0^{(t, t + \Delta t)} A(0, t)). \quad (5) \end{aligned}$$

По условию задачи, события $A(0, t)$ и $B_0^{(t, t + \Delta t)}$ независимы. Также независимы события $B_0^{(0, t)}$ и $B_1^{(t, t + \Delta t)}$. Поэтому, из (5) следует что

$$\begin{aligned} P(A(0, t + \Delta t)) &= \\ &= P(B_0^{(0, t)}) P(B_1^{(t, t + \Delta t)}) + P(B_0^{(t, t + \Delta t)}) P(A(0, t)) = \quad (6) \\ &= P(B_0^{(0, t)}) P(B_1^{(t, t + \Delta t)}) + P(B_0^{(0, \Delta t)}) P(A(0, t)). \end{aligned}$$

Поэтому, из формул (3) и (6), получим

$$\begin{aligned} \pi(t + \Delta t) &= \pi(t)(1 - a\Delta t) + e^{-at} a\Delta t \\ \frac{\pi(t + \Delta t) - \pi(t)}{\Delta t} &= -a\pi(t) + ae^{-at}. \end{aligned}$$

Устремляя Δt к нулю справа получим линейное неоднородное дифференциальное уравнение

$$\left. \frac{\partial \pi}{\partial t} \right|_{+0} = -a\pi(t) + ae^{-at}, \quad (7)$$

где символом $\left. \frac{\partial \pi}{\partial t} \right|_{+0}$ обозначена правосторонняя производная.

2. Пусть $0 < t < \tau$ и $\Delta t > 0$. В этом разделе также рассмотрим рисунок

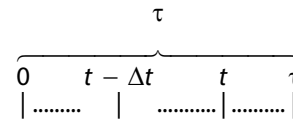


Рис. 2

Имеем

$$\begin{aligned} A(0, t) &= \\ &= B_0^{(0, t - \Delta t)} B_1^{(t - \Delta t, t)} + B_0^{(0, t - \Delta t)} B_0^{(t - \Delta t, t)} + B_1^{(0, t - \Delta t)} B_0^{(t - \Delta t, t)} = \quad (8) \\ &= B_0^{(0, t - \Delta t)} B_1^{(t - \Delta t, t)} + B_0^{(t - \Delta t, t)} [B_0^{(0, t - \Delta t)} + B_1^{(0, t - \Delta t)}]. \end{aligned}$$

Очевидно, что

$$A(0, t - \Delta t) = B_0^{(0, t - \Delta t)} + B_1^{(0, t - \Delta t)}.$$

Поэтому, равенство (8) превращается в равенство

$$A(0, t) = B_0^{(0, t - \Delta t)} B_1^{(t - \Delta t, t)} + B_0^{(t - \Delta t, t)} A(0, t - \Delta t). \quad (9)$$

Из формулы (9), получим

$$\begin{aligned} \pi(t) &= \pi(t - \Delta t)(1 - a\Delta t) + e^{-at} a\Delta t \\ \frac{\pi(t - \Delta t) - \pi(t)}{-\Delta t} &= -a\pi(t - \Delta t) + ae^{-at}. \end{aligned}$$

Устремляя Δt к нулю получим линейное неоднородное дифференциальное уравнение

$$\left. \frac{\partial \pi}{\partial t} \right|_{-0} = -a\pi(t) + ae^{-at}, \quad (10)$$

где символом $\left. \frac{\partial \pi}{\partial t} \right|_{-0}$ обозначена левосторонняя производная. Объединяя уравнения (7) и (10) получим дифференциальное уравнение

$$\frac{\partial \pi}{\partial t} = -a\pi(t) + ae^{-at}. \quad (11)$$

Так как начальное условие — $\pi(0) = 1$, состоящее в том, что все вредоносные воздействия в начальный момент времени подсчитаны с вероятностью 1, то получим решение

$$\pi(t) = e^{-at}(1 + at), t \in [0, \tau]. \quad (12)$$

3. Пусть $\tau < t < 2\tau$ и $\Delta t > 0, n \in N$. В дальнейшем, в этом разделе, будем пользоваться рисунком

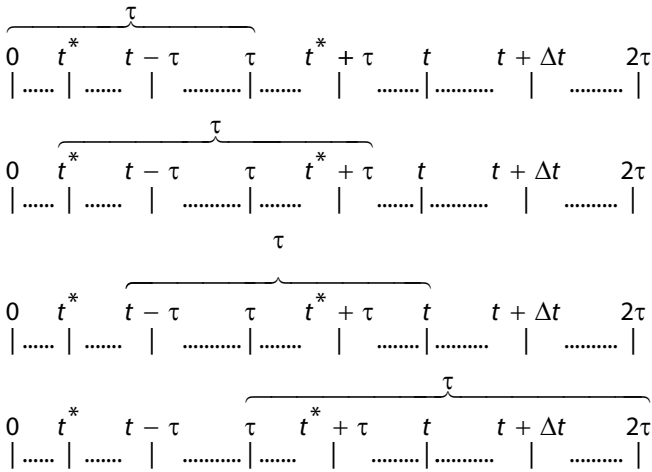


Рис. 3

Рассмотрим всевозможные варианты события $A(0, t + \Delta t)$. Имеем,

$$\begin{aligned} A(0, t + \Delta t) &= \\ &= B_0^{(0, t - \tau)} B_0^{(t - \tau, t)} B_0^{(t, t + \Delta t)} + B_1^{(0, t - \tau)} B_0^{(t - \tau, t)} B_0^{(t, t + \Delta t)} + \\ &+ B_0^{(0, t - \tau)} B_1^{(t - \tau, t)} B_0^{(t, t + \Delta t)} + \\ &+ B_1^{(0, t - \tau)} B_0^{(t - \tau, t)} B_1^{(t, t + \Delta t)} + B_0^{(0, t - \tau)} B_0^{(t - \tau, t)} B_1^{(t, t + \Delta t)} + \\ &+ \bigcup_{0 < t^* < t - \tau} B_1^{(0, t^*)} B_0^{(t^*, t^* + \tau)} B_0^{(t^* + \tau, t)} B_1^{(t, t + \Delta t)} + \\ &+ \bigcup_{0 < t^* < t - \tau} B_1^{(0, t^*)} B_0^{(t^*, t^* + \tau)} B_1^{(t^* + \tau, t)} B_0^{(t, t + \Delta t)} + \\ &+ \bigcup_{0 < t^* < t - \tau} B_0^{(0, t^*)} B_0^{(t^*, t^* + \tau)} B_0^{(t^* + \tau, t)} B_1^{(t, t + \Delta t)} + \\ &+ \bigcup_{0 < t^* < t - \tau} B_0^{(0, t^*)} B_1^{(t^*, t^* + \tau)} B_0^{(t^* + \tau, t)} B_0^{(t, t + \Delta t)}. \end{aligned} \quad (13)$$

Упростим выражение. Так как справедливы вложения

$$\begin{aligned} \bigcup_{0 < t^* < t - \tau} B_0^{(0, t^*)} B_0^{(t^*, t^* + \tau)} B_0^{(t^* + \tau, t)} B_1^{(t, t + \Delta t)} &\subset \\ &\subset B_0^{(0, t - \tau)} B_0^{(t - \tau, t)} B_1^{(t, t + \Delta t)} \\ \bigcup_{0 < t^* < t - \tau} B_0^{(0, t^*)} B_0^{(t^*, t^* + \tau)} B_0^{(t^* + \tau, t)} B_0^{(t, t + \Delta t)} &\subset \\ &\subset B_0^{(0, t - \tau)} B_0^{(t - \tau, t)} B_0^{(t, t + \Delta t)}, \end{aligned}$$

то, сокращая последнее равенство, имеем

$$\begin{aligned} A(0, t + \Delta t) &= \\ &= \left[B_0^{(0, t - \tau)} B_0^{(t - \tau, t)} + B_1^{(0, t - \tau)} B_0^{(t - \tau, t)} + B_0^{(0, t - \tau)} B_1^{(t - \tau, t)} \right] B_0^{(t, t + \Delta t)} + \\ &+ \left[B_1^{(0, t - \tau)} B_0^{(t - \tau, t)} + B_0^{(0, t - \tau)} B_0^{(t - \tau, t)} \right] B_1^{(t, t + \Delta t)} + \\ &+ \bigcup_{0 < t^* < t - \tau} B_1^{(0, t^*)} B_0^{(t^*, t^* + \tau)} B_1^{(t^* + \tau, t)} B_0^{(t, t + \Delta t)} + \\ &+ \bigcup_{0 < t^* < t - \tau} B_1^{(0, t^*)} B_0^{(t^*, t^* + \tau)} B_1^{(t^* + \tau, t)} B_0^{(t, t + \Delta t)} + \\ &+ \bigcup_{0 < t^* < t - \tau} B_0^{(0, t^*)} B_1^{(t^*, t^* + \tau)} B_0^{(t^* + \tau, t)} B_0^{(t, t + \Delta t)}. \end{aligned}$$

Заметим, что

$$B_0^{(0, t - \tau)} B_0^{(t - \tau, t)} = B_0^{(0, t)}, B_0^{(t^*, t^* + \tau)} B_0^{(t^* + \tau, t)} = B_0^{(t^*, t)}.$$

Поэтому, имеем

$$\begin{aligned} A(0, t + \Delta t) &= \\ &= \left[B_0^{(0, t)} + B_1^{(0, t - \tau)} B_0^{(t - \tau, t)} + B_0^{(0, t - \tau)} B_1^{(t - \tau, t)} + \right. \\ &+ \bigcup_{0 < t^* < t - \tau} B_1^{(0, t^*)} B_0^{(t^*, t^* + \tau)} B_1^{(t^* + \tau, t)} + \\ &+ \bigcup_{0 < t^* < t - \tau} B_0^{(0, t^*)} B_1^{(t^*, t^* + \tau)} B_0^{(t^* + \tau, t)} \left. \right] B_0^{(t, t + \Delta t)} + \\ &+ \left[B_1^{(0, t - \tau)} B_0^{(t - \tau, t)} + B_0^{(0, t - \tau)} B_0^{(t - \tau, t)} + \right. \\ &+ \bigcup_{0 < t^* < t - \tau} B_1^{(0, t^*)} B_0^{(t^*, t^* + \tau)} \left. \right] B_1^{(t, t + \Delta t)}. \end{aligned}$$

Так как

$$B_0^{(t - \tau, t)} \subset B_0^{(t^*, t)},$$

то справедливо равенство

$$\begin{aligned} A(0, t + \Delta t) &= \\ &= \left[B_0^{(0, t)} + B_1^{(0, t - \tau)} B_0^{(t - \tau, t)} + B_0^{(0, t - \tau)} B_1^{(t - \tau, t)} + \right. \\ &+ \bigcup_{0 < t^* < t - \tau} B_1^{(0, t^*)} B_0^{(t^*, t^* + \tau)} B_1^{(t^* + \tau, t)} + \\ &+ \bigcup_{0 < t^* < t - \tau} B_0^{(0, t^*)} B_1^{(t^*, t^* + \tau)} B_0^{(t^* + \tau, t)} \left. \right] B_0^{(t, t + \Delta t)} + \\ &+ \left[B_1^{(0, t - \tau)} B_0^{(t - \tau, t)} + B_0^{(0, t - \tau)} B_0^{(t - \tau, t)} + \right. \\ &+ \bigcup_{0 < t^* < t - \tau} B_1^{(0, t^*)} B_0^{(t^*, t^* + \tau)} \left. \right] B_1^{(t, t + \Delta t)}. \end{aligned}$$

Далее, упрощая, имеем

$$\begin{aligned}
 A(0, t + \Delta t) &= \\
 &= \left[B_0^{(0,t)} + B_1^{(0,t-\tau)} B_0^{(t-\tau,t)} + B_0^{(0,t-\tau)} B_1^{(t-\tau,t)} + \right. \\
 &\quad \left. + \bigcup_{0 < t^* < t-\tau} B_1^{(0,t^*)} B_0^{(t^*,t^*+\tau)} B_1^{(t^*+\tau,t)} + \right. \\
 &\quad \left. + \bigcup_{0 < t^* < t-\tau} B_0^{(0,t^*)} B_1^{(t^*,t^*+\tau)} B_0^{(t^*+\tau,t)} \right] B_0^{(t,t+\Delta t)} + \\
 &+ \left[B_1^{(0,t-\tau)} + B_0^{(0,t-\tau)} + \bigcup_{0 < t^* < t-\tau} B_1^{(0,t^*)} B_0^{(t^*,t)} \right] B_0^{(t-\tau,t)} B_1^{(t,t+\Delta t)}.
 \end{aligned}$$

Поскольку,

$$\bigcup_{0 < t^* < t-\tau} B_1^{(0,t^*)} B_0^{(t^*,t)} \subset B_1^{(0,t-\tau)} B_0^{(t-\tau,t)},$$

получим, что

$$\begin{aligned}
 A(0, t + \Delta t) &= \\
 &= \left[B_0^{(0,t)} + B_1^{(0,t-\tau)} B_0^{(t-\tau,t)} + B_0^{(0,t-\tau)} B_1^{(t-\tau,t)} + \right. \\
 &\quad \left. + \bigcup_{0 < t^* < t-\tau} B_1^{(0,t^*)} B_0^{(t^*,t^*+\tau)} B_1^{(t^*+\tau,t)} + \right. \\
 &\quad \left. + \bigcup_{0 < t^* < t-\tau} B_0^{(0,t^*)} B_1^{(t^*,t^*+\tau)} B_0^{(t^*+\tau,t)} \right] B_0^{(t,t+\Delta t)} + \\
 &+ \left[B_1^{(0,t-\tau)} + B_0^{(0,t-\tau)} \right] B_0^{(t-\tau,t)} B_1^{(t,t+\Delta t)}.
 \end{aligned}$$

Так как

$$B_1^{(t^*,t^*+\tau)} = B_1^{(t^*,t-\tau)} B_0^{(t-\tau,t^*+\tau)} + B_0^{(t^*,t-\tau)} B_1^{(t-\tau,t^*+\tau)},$$

то

$$\begin{aligned}
 &B_0^{(0,t^*)} B_1^{(t^*,t^*+\tau)} B_0^{(t^*+\tau,t)} = \\
 &= B_0^{(0,t^*)} \left(B_1^{(t^*,t-\tau)} B_0^{(t-\tau,t^*+\tau)} + B_1^{(t^*,t-\tau)} B_0^{(t-\tau,t^*+\tau)} \right) B_0^{(t^*+\tau,t)} = \\
 &= B_0^{(0,t^*)} B_1^{(t^*,t-\tau)} B_0^{(t-\tau,t^*+\tau)} B_0^{(t^*+\tau,t)} + \\
 &+ B_0^{(0,t^*)} B_0^{(t^*,t-\tau)} B_1^{(t-\tau,t^*+\tau)} B_0^{(t^*+\tau,t)}.
 \end{aligned}$$

Заметим, что

$$\begin{aligned}
 B_0^{(0,t^*)} B_0^{(t^*,t-\tau)} B_1^{(t-\tau,t^*+\tau)} B_0^{(t^*+\tau,t)} &\subset B_0^{(0,t-\tau)} B_1^{(t-\tau,t)} \\
 B_0^{(0,t^*)} B_1^{(t^*,t-\tau)} B_0^{(t-\tau,t^*+\tau)} B_0^{(t^*+\tau,t)} &\subset B_1^{(0,t-\tau)} B_0^{(t-\tau,t)}.
 \end{aligned}$$

Окончательно, получим

$$\begin{aligned}
 A(0, t + \Delta t) &= \\
 &= \left[B_0^{(0,t)} + B_1^{(0,t-\tau)} B_0^{(t-\tau,t)} + B_0^{(0,t-\tau)} B_1^{(t-\tau,t)} + \right. \\
 &\quad \left. + \bigcup_{0 < t^* < t-\tau} B_1^{(0,t^*)} B_0^{(t^*,t^*+\tau)} B_1^{(t^*+\tau,t)} \right] B_0^{(t,t+\Delta t)} + \\
 &+ \left[B_1^{(0,t-\tau)} + B_0^{(0,t-\tau)} \right] B_0^{(t-\tau,t)} B_1^{(t,t+\Delta t)}.
 \end{aligned}$$

Так как

$$\begin{aligned}
 A(0, t) &= B_0^{(0,t)} + B_1^{(0,t-\tau)} B_0^{(t-\tau,t)} + B_0^{(0,t-\tau)} B_1^{(t-\tau,t)} + \\
 &\quad + \bigcup_{0 < t^* < t-\tau} B_1^{(0,t^*)} B_0^{(t^*,t^*+\tau)} B_1^{(t^*+\tau,t)} \\
 A(0, t - \tau) &= B_1^{(0,t-\tau)} + B_0^{(0,t-\tau)},
 \end{aligned}$$

то получим, что

$$\begin{aligned}
 A(0, t + \Delta t) &= \\
 &= A(0, t) B_0^{(t,t+\Delta t)} + A(0, t - \tau) B_0^{(t-\tau,t)} B_1^{(t,t+\Delta t)}. \tag{14}
 \end{aligned}$$

Замечание 1. Заметим, что это равенство (14) может быть доказано для любого $t > 0$, так как если все события до момента времени t учтены, то на промежутке времени $t, t + \Delta t$ не должно произойти не одного события. И если все события до момента времени $t - \tau$ учтены, то на промежутке времени $t - \tau, t$ не должно произойти не одного события, но одно событие может произойти на промежутке времени $t, t + \Delta t$.

Заметим, что события $A(0, t) B_0^{(t,t+\Delta t)}$ и $A(0, t - \tau) B_0^{(t-\tau,t)} B_1^{(t,t+\Delta t)}$ несовместимы, так как содержат противоположные события $B_0^{(t,t+\Delta t)}$ и $B_1^{(t,t+\Delta t)}$. Поэтому,

$$\begin{aligned}
 P(A(0, t + \Delta t)) &= P(A(0, t) B_0^{(t,t+\Delta t)}) + \\
 &+ P(A(0, t - \tau) B_0^{(t-\tau,t)} B_1^{(t,t+\Delta t)}). \tag{15}
 \end{aligned}$$

По условию задачи, события $A(0, t)$ и $B_0^{(t,t+\Delta t)}$ независимы. Также независимы события $A(0, t - \tau)$, $B_0^{(t-\tau,t)}$ и $B_1^{(t,t+\Delta t)}$. Поэтому,

$$\begin{aligned}
 P(A(0, t + \Delta t)) &= P(A(0, t)) P(B_0^{(t,t+\Delta t)}) + \\
 &+ P(A(0, t - \tau)) P(B_0^{(t-\tau,t)}) P(B_1^{(t,t+\Delta t)}) = \\
 &= P(A(0, t)) P(B_0^{(0,\Delta t)}) + \\
 &+ P(A(0, t - \tau)) P(B_0^{(0,\tau)}) P(B_1^{(0,\Delta t)}). \tag{16}
 \end{aligned}$$

Из формулы (16) имеем,

$$\begin{aligned}
 \pi(t + \Delta t) &= \pi(t)(1 - a\Delta t) + \pi(t - \tau)e^{-a\tau}a\Delta t \\
 \frac{\pi(t + \Delta t) - \pi(t)}{\Delta t} &= -a\pi(t) + a\pi(t - \tau)e^{-a\tau},
 \end{aligned}$$

устремляя Δt к нулю получим дифференциальное уравнение

$$\left. \frac{\partial \pi}{\partial t} \right|_{t=0} = -a\pi(t) + a\pi(t - \tau)e^{-a\tau}. \tag{17}$$

4. Пусть $\tau < t < 2\tau$ и $\Delta t > 0$, $n \in \mathbb{N}$. Обозначим

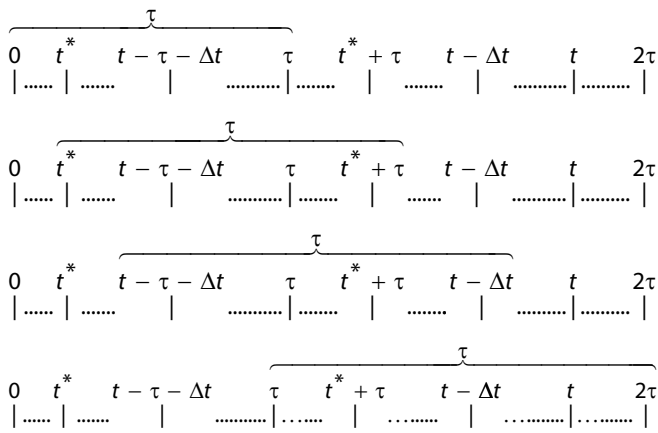


Рис. 4

Рассмотрим всевозможные варианты события $A(0, t + \Delta t)$. Имеем,

$$\begin{aligned}
 A(0, t) &= \\
 &= B_0^{(0, t-\tau-\Delta t)} B_0^{(t-\tau-\Delta t, t-\Delta t)} B_0(t-\Delta t, t) + \\
 &+ B_0^{(0, t-\tau-\Delta t)} B_0^{(t-\tau-\Delta t, t-\Delta t)} B_1^{(t-\Delta t, t)} + \\
 &+ B_0^{(0, t-\tau-\Delta t)} B_1^{(t-\tau-\Delta t, t-\Delta t)} B_0^{(t-\Delta t, t)} + \\
 &+ B_1^{(0, t-\tau-\Delta t)} B_0^{(t-\tau-\Delta t, t-\Delta t)} B_1^{(t-\Delta t, t)} + \\
 &+ B_1^{(0, t-\tau-\Delta t)} B_0^{(t-\tau-\Delta t, t-\Delta t)} B_0^{(t-\Delta t, t)} + \\
 &+ \bigcup_{0 < t^* < t-\tau} B_0^{(0, t^*)} B_0^{(t^*, t^*+\tau)} B_0^{(t^*+\tau, t-\Delta t)} B_0^{(t-\Delta t, t)} + \\
 &+ \bigcup_{0 < t^* < t-\tau} B_0^{(0, t^*)} B_0^{(t^*, t^*+\tau)} B_0^{(t^*+\tau, t-\Delta t)} B_1^{(t-\Delta t, t)} + \\
 &+ \bigcup_{0 < t^* < t-\tau} B_0^{(0, t^*)} B_0^{(t^*, t^*+\tau)} B_1^{(t^*+\tau, t-\Delta t)} B_0^{(t-\Delta t, t)} + \\
 &+ \bigcup_{0 < t^* < t-\tau} B_1^{(0, t^*)} B_0^{(t^*, t^*+\tau)} B_0^{(t^*+\tau, t-\Delta t)} B_1^{(t-\Delta t, t)} + \\
 &+ \bigcup_{0 < t^* < t-\tau} B_1^{(0, t^*)} B_0^{(t^*, t^*+\tau)} B_1^{(t^*+\tau, t-\Delta t)} B_0^{(t-\Delta t, t)} + \\
 &+ \bigcup_{0 < t^* < t-\tau} B_0^{(0, t^*)} B_1^{(t^*, t^*+\tau)} B_0^{(t^*+\tau, t-\Delta t)} B_0^{(t-\Delta t, t)}.
 \end{aligned} \tag{18}$$

Упростим выражение. Так как справедливы вложения

$$\begin{aligned}
 \bigcup_{0 < t^* < t-\tau} B_0^{(0, t^*)} B_0^{(t^*, t^*+\tau)} B_0^{(t^*+\tau, t-\Delta t)} B_0^{(t-\Delta t, t)} &= \\
 &= B_0^{(0, t-\tau-\Delta t)} B_0^{(t-\tau-\Delta t, t-\Delta t)} B_0^{(t-\Delta t, t)} \\
 \bigcup_{0 < t^* < t-\tau} B_0^{(0, t^*)} B_0^{(t^*, t^*+\tau)} B_0^{(t^*+\tau, t-\Delta t)} B_1^{(t-\Delta t, t)} &= \\
 &= B_0^{(0, t-\tau-\Delta t)} B_0^{(t-\tau-\Delta t, t-\Delta t)} B_1^{(t-\Delta t, t)} \\
 \bigcup_{0 < t^* < t-\tau} B_1^{(0, t^*)} B_0^{(t^*, t^*+\tau)} B_0^{(t^*+\tau, t-\Delta t)} B_1^{(t-\Delta t, t)} &= \\
 &= B_1^{(0, t-\tau-\Delta t)} B_0^{(t-\tau-\Delta t, t-\Delta t)} B_1^{(t-\Delta t, t)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bigcup_{0 < t^* < t-\tau-\Delta t} B_0^{(0, t^*)} B_0^{(t^*, t^*+\tau)} B_1^{(t^*+\tau, t-\Delta t)} B_0^{(t-\Delta t, t)} &\subset \\
 &\subset B_0^{(0, t-\tau-\Delta t)} B_1^{(t-\tau-\Delta t, t-\Delta t)} B_0^{(t-\Delta t, t)}.
 \end{aligned}$$

Отсюда следует, что

$$\begin{aligned}
 A(0, t) &= \\
 &= B_0^{(0, t-\tau-\Delta t)} B_0^{(t-\tau-\Delta t, t-\Delta t)} B_0^{(t-\Delta t, t)} + \\
 &+ B_0^{(0, t-\tau-\Delta t)} B_0^{(t-\tau-\Delta t, t-\Delta t)} B_1^{(t-\Delta t, t)} + \\
 &+ B_0^{(0, t-\tau-\Delta t)} B_1^{(t-\tau-\Delta t, t-\Delta t)} B_0^{(t-\Delta t, t)} + \\
 &+ B_1^{(0, t-\tau-\Delta t)} B_0^{(t-\tau-\Delta t, t-\Delta t)} B_1^{(t-\Delta t, t)} + \\
 &+ B_1^{(0, t-\tau-\Delta t)} B_0^{(t-\tau-\Delta t, t-\Delta t)} B_0^{(t-\Delta t, t)} + \\
 &+ \bigcup_{0 < t^* < t-\tau-\Delta t} B_1^{(0, t^*)} B_0^{(t^*, t^*+\tau)} B_1^{(t^*+\tau, t-\Delta t)} B_0^{(t-\Delta t, t)} + \\
 &+ \bigcup_{0 < t^* < t-\tau-\Delta t} B_0^{(0, t^*)} B_1^{(t^*, t^*+\tau)} B_0^{(t^*+\tau, t-\Delta t)} B_0^{(t-\Delta t, t)}.
 \end{aligned}$$

Так как,

$$B_0^{(0, t-\tau-\Delta t)} B_0^{(t-\tau-\Delta t, t-\Delta t)} = B_0^{(0, t-\Delta t)},$$

то

$$\begin{aligned}
 A(0, t) &= \\
 &= \left[B_0^{(0, t-\Delta t)} + B_0^{(0, t-\tau-\Delta t)} B_1^{(t-\tau-\Delta t, t-\Delta t)} + \right. \\
 &\quad \left. + B_1^{(0, t-\tau-\Delta t)} B_0^{(t-\tau-\Delta t, t-\Delta t)} + \right. \\
 &\quad \left. + \bigcup_{0 < t^* < t-\tau-\Delta t} B_1^{(0, t^*)} B_0^{(t^*, t^*+\tau)} B_1^{(t^*+\tau, t-\Delta t)} + \right. \\
 &\quad \left. + \bigcup_{0 < t^* < t-\tau-\Delta t} B_0^{(0, t^*)} B_1^{(t^*, t^*+\tau)} B_0^{(t^*+\tau, t-\Delta t)} \right] B_0^{(t-\Delta t, t)} + \\
 &+ \left[B_0^{(0, t-\tau-\Delta t)} + B_1^{(0, t-\tau-\Delta t)} \right] B_0^{(t-\tau-\Delta t, t-\Delta t)} B_1^{(t-\Delta t, t)}.
 \end{aligned}$$

Заметим, что

$$\begin{aligned}
 B_1^{(t^*, t^*+\tau)} &= \\
 &= B_1^{(t^*, t-\tau-\Delta t)} B_0^{(t-\tau-\Delta t, t^*+\tau)} + B_0^{(t^*, t-\tau-\Delta t)} B_1^{(t-\tau-\Delta t, t^*+\tau)}.
 \end{aligned}$$

Поэтому,

$$\begin{aligned}
 B_0^{(0, t^*)} B_1^{(t^*, t^*+\tau)} B_0^{(t^*+\tau, t-\Delta t)} &= \\
 &= B_0^{(0, t^*)} \left(B_1^{(t^*, t-\tau-\Delta t)} B_0^{(t-\tau-\Delta t, t^*+\tau)} + \right. \\
 &\quad \left. B_0^{(t^*, t-\tau-\Delta t)} B_1^{(t-\tau-\Delta t, t^*+\tau)} \right) B_0^{(t^*+\tau, t-\Delta t)} = \\
 &= B_0^{(0, t^*)} B_1^{(t^*, t-\tau-\Delta t)} B_0^{(t-\tau-\Delta t, t^*+\tau)} B_0^{(t^*+\tau, t-\Delta t)} + \\
 &+ B_0^{(0, t^*)} B_0^{(t^*, t-\tau-\Delta t)} B_1^{(t-\tau-\Delta t, t^*+\tau)} B_0^{(t^*+\tau, t-\Delta t)}.
 \end{aligned}$$

Из вложения

$$\begin{aligned}
 & B_0^{(0,t^*)} B_0^{(t^*,t-\tau-\Delta t)} B_1^{(t-\tau-\Delta t,t^*+\tau)} B_0^{(t^*+\tau,t-\Delta t)} \subset \\
 & \subset B_0^{(0,t-\tau-\Delta t)} B_1^{(t-\tau-\Delta t,t-\Delta t)} \\
 & B_0^{(0,t^*)} B_1^{(t^*,t-\tau-\Delta t)} B_0^{(t-\tau-\Delta t,t^*+\tau)} B_0^{(t^*+\tau,t-\Delta t)} \subset \\
 & \subset B_1^{(0,t-\tau-\Delta t)} B_0^{(t-\tau-\Delta t,t-\Delta t)}
 \end{aligned}$$

следует, что

$$\begin{aligned}
 A(0,t) &= \\
 &= \left[B_0^{(0,t-\Delta t)} + B_0^{(0,t-\tau-\Delta t)} B_1^{(t-\tau-\Delta t,t-\Delta t)} + \right. \\
 &\quad \left. + B_1^{(0,t-\tau-\Delta t)} B_0^{(t-\tau-\Delta t,t-\Delta t)} + \right. \\
 &\quad \left. + \bigcup_{0 < t^* < t-\tau-\Delta t} B_1^{(0,t^*)} B_0^{(t^*,t^*+\tau)} B_1^{(t^*+\tau,t-\Delta t)} \right] B_0^{(t-\Delta t,t)} + \\
 &\quad + \left[B_0^{(0,t-\tau-\Delta t)} + B_1^{(0,t-\tau-\Delta t)} \right] B_0^{(t-\tau-\Delta t,t-\Delta t)} B_1^{(t-\Delta t,t)}.
 \end{aligned}$$

Так как,

$$\begin{aligned}
 A(0,t-\Delta t) &= B_0^{(0,t-\Delta t)} + B_0^{(0,t-\tau-\Delta t)} B_1^{(t-\tau-\Delta t,t-\Delta t)} + \\
 &\quad + B_1^{(0,t-\tau-\Delta t)} B_0^{(t-\tau-\Delta t,t-\Delta t)} + \\
 &\quad + \bigcup_{0 < t^* < t-\tau-\Delta t} B_1^{(0,t^*)} B_0^{(t^*,t^*+\tau)} B_1^{(t^*+\tau,t-\Delta t)} \\
 A(0,t-\tau) &= B_0^{(0,t-\tau-\Delta t)} + B_1^{(0,t-\tau-\Delta t)},
 \end{aligned}$$

то

$$\begin{aligned}
 A(0,t) &= A(0,t-\Delta t) B_0^{(t-\Delta t,t)} + \\
 &\quad + A(0,t-\tau-\Delta t) B_0^{(t-\tau-\Delta t,t-\Delta t)} B_1^{(t-\Delta t,t)}. \quad (19)
 \end{aligned}$$

Замечание 2. Заметим, что это равенство может быть доказано для любого $t > 0$, так как если все события то момента времени $t - \Delta t$ учтены, то на промежутке времени $t - \Delta t, t$ не должно произойти не одного события. И если все события до момента времени $t - \tau - \Delta t$ учтены, то на промежутке времени $t - \tau - \Delta t, t - \Delta t$ не должно произойти не одного события, но одно событие может произойти на промежутке времени $t - \Delta t, t$.

Поэтому, из формулы (19) имеем,

$$\begin{aligned}
 \pi(t) &= \pi(t-\Delta t)(1-a\Delta t) + \pi(t-\tau-\Delta t)e^{-a\tau}a\Delta t \\
 \frac{\pi(t-\Delta t) - \pi(t)}{-\Delta t} &= -a\pi(t-\Delta t) + a\pi(t-\tau-\Delta t)e^{-a\tau},
 \end{aligned}$$

устремляя Δt к нулю получим дифференциальное уравнение

$$\left. \frac{\partial \pi}{\partial t} \right|_0 = -a\pi(t) + a\pi(t-\tau)e^{-a\tau}. \quad (20)$$

Объединяя равенства (17) и (20) получим уравнение

$$\frac{\partial \pi}{\partial t} = -a\pi(t) + a\pi(t-\tau)e^{-a\tau} \quad (21)$$

с начальным условием

$$\pi(\tau) = e^{-a\tau}(1+a\tau). \quad (22)$$

Замечание 3. Заметим, что уравнение (21) справедливо для всех $t > \tau$.

Так как $0 < t - \tau < \tau$, то подставляя вместо $\pi(t - \tau)$ выражение (12) в последнее дифференциальное уравнение, получим уравнение

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \pi}{\partial t} &= -a\pi(t) + ae^{-a(t-\tau)}(1+a(t-\tau))e^{-a\tau} = \\
 &= -a\pi(t) + ae^{-a\tau}(1+a(t-\tau))
 \end{aligned} \quad (23)$$

с начальным условием (22).

Решением уравнения (23) при условии (22) будет функция

$$\pi(t) = \exp(-at) \left(1 + at + \frac{a^2(t-\tau)^2}{2!} \right). \quad (24)$$

5. Пользуясь методом математической индукции, покажем, что для $(n-1)\tau < t \leq n\tau$ решение уравнения (21) имеет вид

$$\pi(t) = \exp(-at) \sum_{k=1}^{k=n} \frac{a^k [t - (k-1)\tau]^k}{k!}. \quad (25)$$

Пусть $(n-2)\tau < t \leq (n-1)\tau$ и решение уравнения (21) имеет вид

$$\pi(t) = \exp(-at) \sum_{k=1}^{k=n-1} \frac{a^k [t - (k-1)\tau]^k}{k!}. \quad (26)$$

В этом случае при $(n-1)\tau < t \leq n\tau$, согласно замечанию 3 аналогично доказывается уравнение (21). Подставляя в уравнение (21) выражение (26), получим уравнение

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \pi}{\partial t} &= -a\pi(t) + a\pi(t-\tau)\exp(-a\tau) = -a\pi(t) + \\
 &+ a\exp(-a(t-\tau)) \sum_{k=1}^{k=n-1} \frac{a^k [t-\tau - (k-1)\tau]^k}{k!} \exp(-a\tau) = \\
 &= -a\pi(t) + a\exp(-at) \sum_{k=1}^{k=n-1} \frac{a^k [t-k\tau]^k}{k!}.
 \end{aligned} \quad (27)$$

Начальное условие определим равенством

$$\begin{aligned}
 \pi((n-1)\tau) &= \\
 &= \exp(-a(n-1)\tau) \sum_{k=1}^{k=n-1} \frac{a^k [(n-1)\tau - (k-1)\tau]^k}{k!} = \\
 &= \exp(-a(n-1)\tau) \sum_{k=1}^{k=n-1} \frac{a^k [(n-k)\tau]^k}{k!}.
 \end{aligned} \quad (28)$$

Покажем, что функция (25) будет решением уравнения (27) на отрезке $(n-1)\tau < t \leq n\tau$ при начальных условиях (28). Имеем

$$\begin{aligned} \pi^*(t) &= \left(\exp(-at) \sum_{k=1}^{k=n} \frac{a^k [t - (k-1)\tau]^k}{k!} \right)^* = \\ &= -a \exp(-at) \sum_{k=0}^{k=n} \frac{a^k [t - (k-1)\tau]^k}{k!} + \\ &+ a \exp(-at) \sum_{k=1}^{k=n} \frac{ka^{k-1} [t - (k-1)\tau]^{k-1}}{(k-1)!k} = \\ &= -a \exp(-at) \sum_{k=0}^{k=n} \frac{a^k [t - (k-1)\tau]^k}{k!} + \\ &+ a \exp(-at) \sum_{k=0}^{k=n-1} \frac{a^k [t - k\tau]^k}{k!} \end{aligned}$$

и подставляя в (25) условие $t = (n-1)\tau$ имеем

$$\begin{aligned} \pi((n-1)\tau) &= \\ &= \exp(-a(n-1)\tau) \sum_{k=1}^{k=n} \frac{a^k [(n-1)\tau - (k-1)\tau]^k}{k!} \\ &= \exp(-a(n-1)\tau) \sum_{k=1}^{k=n-1} \frac{a^k [(n-k)\tau]^k}{k!}, \end{aligned}$$

что совпадает с (28).

Так как для любого $t \in R$ существует единственный $n \in N$, такой что $\tau(n-1) < t \leq \tau n$, то можно ввести функцию, не зависящую от n . Обозначим

$$\psi(t) = \begin{cases} \left\lceil \frac{t}{\tau} \right\rceil + 1, & \tau(n-1) < t < \tau n \\ \left\lceil \frac{t}{\tau} \right\rceil, & t = \tau n \end{cases},$$

где $[x]$ — целая часть числа x . Поэтому, равенство (25) для всех $t > 0$ можно переписать в виде

$$P(A(0,t)) = \pi(t) = \exp(-at) \sum_{k=1}^{\psi(t)} \frac{a^k (t - (k-1)\tau)^k}{k!}, \quad (29)$$

которое уже справедливо для всех $t > \tau$.

Заключение

Итак, выбирая некоторое $t > 0$ (в зависимости от эффективности работы антивирусной программы необходимой нам для оценивания больших или малых промежутков времени), число $a = -\ln(P(0,1))$ из статистических выводов (самый простой — провести n экспериментов прихода вредоносных программ на единичном интервале и разделить количество неудачных экспериментов (за время $[0,1]$ появилось хоть одно вредоносное воздействие) по общее число экспериментов n , получим приблизительно $P(0,1)$, можно с некоторой точностью) и τ — как среднее время обработки вредоносного воздействия (взятое из характеристик антивирусной программы), сравнивая несколько антивирусных программ, можно выбрать наилучшую (для которой величина (29) максимальная).

Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Фининиверситета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ ФСТЭК России от 20 марта 2012 г. № 28 «Об утверждении требований к средствам антивирусной защиты»
2. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей / Б.В. Гнеденко. — Москва: Издательство «УРСС», 2001.
3. Венцель Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Е.С. Венцель, Л.А. Очаров. — Москва: Издательство «Высшая школа», 2000.
4. Венцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е.С. Венцель, Л.А. Очаров. — Москва: Издательство «Высшая школа», 2000.
5. Вероятностные процессы / Дуб Дж. Л. // М. ИЛ, 1956
6. Теория вероятностей и Марковские процессы / Дынкин Е.Б., Юшкевич А.А. // Физматгиз, 1966

© Атласов Игорь Викторович; Плотников Герман Геннадьевич (gr175@mail.ru); Елин Владимир Михайлович (elin_VM@mail.ru);

Зарипова Эльвира Ринатовна (ezarip@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РЕАЛИЗАЦИЯ И ВНЕДРЕНИЕ ПРОТОКОЛА QUIC НА УСТРОЙСТВАХ IOT

Баженов Артем Эдуардович

Ассистент, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, г. Самара
a.bazhenov@psuti.ru

IMPLEMENTATION AND IMPLEMENTATION OF THE QUIC PROTOCOL ON IOT DEVICES

A. Bazhenov

Summary. With the growing spread of the Internet of Things (IoT), there is a need for more efficient network protocols. This study is devoted to the analysis of the QUIC protocol as a promising replacement for traditional TCP and UDP for IoT devices. QUIC, developed by Google as an experimental solution, promises to reduce delays, increase security and improve data management compared to existing protocols. This is especially true for resource-limited IoT devices that require reliable and fast data transfer. The study evaluates the key advantages of QUIC in terms of performance, security and efficiency of network interactions for IoT. It is concluded that QUIC has a significant potential for optimizing IoT communications due to its ability to overcome the limitations of traditional protocols. Practical recommendations on the implementation and configuration of QUIC for IoT devices are also offered.

Keywords: QUIC protocol, Internet of Things (IoT), TCP and UDP protocols.

Аннотация. С растущим распространением Интернета вещей (IoT) возникает потребность в более эффективных сетевых протоколах. Данное исследование посвящено анализу протокола QUIC в качестве перспективной замены традиционным TCP и UDP для устройств IoT. QUIC, разработанный Google в качестве экспериментального решения, обещает сократить задержки, повысить безопасность и улучшить управление данными по сравнению с существующими протоколами. Это особенно актуально для ресурсоограниченных IoT-устройств, требующих надежной и быстрой передачи данных. В ходе исследования оцениваются ключевые преимущества QUIC в плане производительности, безопасности и эффективности сетевых взаимодействий для IoT. Делается вывод о значительном потенциале QUIC для оптимизации IoT-коммуникаций благодаря способности преодолевать ограничения традиционных протоколов. Также предлагаются практические рекомендации по внедрению и настройке QUIC для устройств Интернета вещей.

Ключевые слова: протокол QUIC, Internet of Things (IoT), протоколы TCP и UDP.

Введение

В современном мире Интернет вещей (IoT) играет все более значимую роль, интегрируя устройства и системы в единое цифровое пространство. Однако, с ростом числа устройств IoT возникают новые требования к сетевым протоколам, обеспечивающим их взаимодействие. Протокол QUIC (Quick UDP Internet Connections) — современный протокол транспортного уровня, способствующий улучшению производительности передачи данных в сетях Интернета. В контексте IoT его применение может обеспечить улучшенную производительность, безопасность и эффективность использования ресурсов. С увеличением числа устройств IoT и объемов передаваемых данных стандартные протоколы передачи данных, такие как TCP и UDP, могут столкнуться с ограничениями. Протокол QUIC объединяет в себе преимущества TCP и UDP, обеспечивая более эффективную и безопасную передачу данных в условиях современных сетей IoT. Целью данного исследования является анализ возможностей и перспектив реализации и внедрения протокола QUIC на устройствах IoT.

Протокол QUIC

QUIC (Quick UDP Internet Connections) — это транспортный протокол, созданный Google в качестве аль-

тернативы TCP и TLS. QUIC использует UDP вместо TCP, что позволяет избежать некоторых ограничений TCP, связанных с установлением соединения и управлением конгестией. Он обеспечивает аутентификацию и шифрование данных на основе TLS 1.3, что повышает безопасность по сравнению с TCP+TLS. Механизм 0-RTT ускоряет установление соединения, что важно для передачи данных с низкой задержкой [2].

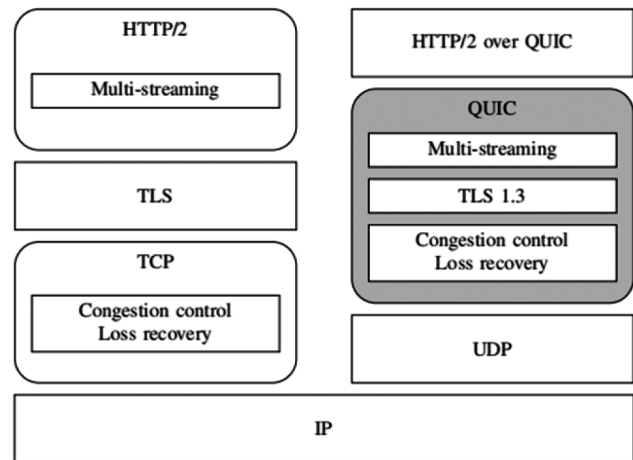


Рис. 1. Архитектура QUIC [9]

QUIC поддерживает мультиплексирование нескольких потоков данных внутри одного UDP-соединения, что

улучшает эффективность использования сети. Он также имеет механизмы управления перегрузкой и адаптации скорости передачи данных, подобные TCP. QUIC разработан для эффективной передачи данных в мобильных сетях и средах с высокой задержкой, решая проблемы классических протоколов.

Протокол QUIC имеет потенциал применения в системах Интернета вещей (IoT). Он обеспечивает безопасную передачу данных между устройствами с ограниченными ресурсами и оптимизирует использование пропускной способности. Механизмы быстрого установления соединения и мультиплексирование потоков данных делают его эффективным в сценариях IoT [4].

Внедрение QUIC в устройства IoT требует учета ограниченных ресурсов и особенностей сетевой инфраструктуры. Важно оптимизировать реализацию протокола для минимизации потребления ресурсов и обеспечения безопасности передачи данных. Интеграция с существующими сетевыми решениями и устройствами также важна.

Тестирование протокола на реальных устройствах IoT необходимо для выявления и решения потенциальных проблем [6]. Это помогает обеспечить стабильную работу протокола в различных условиях эксплуатации.

Успешное внедрение QUIC на устройствах IoT требует комплексного подхода и тщательного тестирования для обеспечения эффективной работы в реальных условиях [5].

Исследование существующих решений и реализаций

В работе J.-H. Jung et al., представленной в издании «Internet of Things» в 2023 году [7], раскрывается передовое исследование, направленное на изучение и оптимизацию передачи данных в сетях Интернета вещей (IoT) с использованием протокола QUIC. Статья представляет собой важный вклад в область связи IoT, поскольку она адресует актуальную проблему повышения эффективности и надежности передачи данных между устройствами IoT.

Исследование акцентирует внимание на значимости применения протокола QUIC как альтернативы традиционным транспортным протоколам, таким как TCP и UDP, в сетях IoT. QUIC, разработанный как часть инициативы Google, предлагает множество преимуществ, включая снижение задержки соединения, улучшенную производительность в условиях нестабильного соединения, а также механизмы быстрого восстановления после разрыва связи.

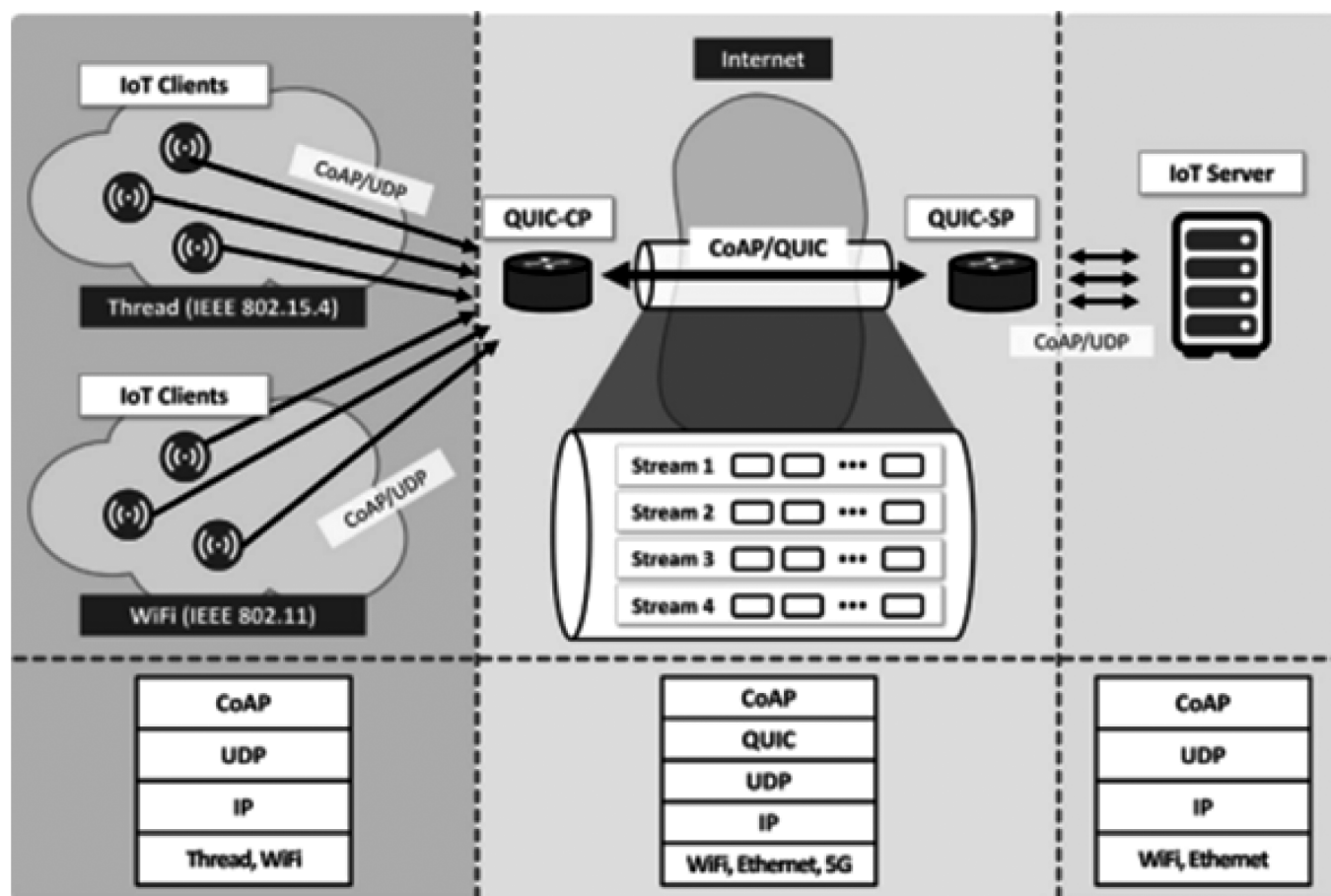


Рис. 2. Сетевая модель для CoAP на основе прокси через QUIC [7]

Одним из ключевых моментов исследования является применение протокола QUIC для транспортировки сообщений CoAP, стандартного протокола обмена данными IoT.

Авторы статьи экспериментально демонстрируют, как интеграция CoAP с QUIC через прокси-серверы может значительно улучшить производительность системы по сравнению с использованием CoAP поверх UDP или TCP. Подход, основанный на прокси, позволяет избежать необходимости изменения существующих IoT устройств и приложений, упрощая тем самым процесс интеграции.

Экспериментальные результаты, представленные в статье, подтверждают гипотезу о том, что QUIC способен обеспечить значительное уменьшение времени задержки в круговом пути (Round-Trip Time, RTT) в сетях IoT — на 80 %, и увеличить скорость быстрого ответа на 9 % по сравнению с классическими решениями. Кроме того, использование сжатия данных при передаче сигналов CoAP в потоках QUIC приводит к дальнейшему увеличению производительности на 10 %, что отчетливо демонстрирует эффективность подхода.

Стоит отметить, что данное исследование не только раскрывает потенциал QUIC для повышения эффективности в сетях IoT, но и предлагает конкретные рекомендации по его реализации. Авторы убедительно аргументируют, что применение QUIC может значительно улучшить производительность и надёжность IoT приложений, что является ключевым для реализации широко-масштабных IoT решений в ближайшем будущем.

В заключение, статья J.-H. Jung et al. открывает новые перспективы для разработки и внедрения эффективных решений в сфере IoT, акцентируя внимание на значимости протокола QUIC как инструмента для улучшения качества и скорости обмена данными между устройствами IoT. Исследование ясно показывает, как технологические инновации могут способствовать решению существующих проблем в области IoT, указывая путь к более надёжным и эффективным сетям Предметов Интернета.

Далее рассмотрим статью испанских исследователей. В центре внимания данного исследования — сравнительный анализ производительности QUIC и MQTT, двух ведущих протоколов, используемых в приложениях IoT[2].

Ключевой фокус исследования заключается в оценке производительности QUIC в контексте IoT, особенно при взаимодействии с MQTT — стандартом в связи устройств. Опираясь на ранее предложенный Google как эффективная альтернатива TCP, QUIC быстро набирает популярность, благодаря таким преимуществам, как снижение затрат на установление соединения и более высокая скорость передачи данных.

Для анализа применена интеграция реализации QUIC на языке GO с MQTT, при использовании Linux-контейнеров, имитирующих различные технологии беспроводной связи через ns-3. Это позволило детально изучить и сравнить производительность обоих протоколов в различных сетевых условиях, подчеркнув, что QUIC обеспечивает улучшенные характеристики для типичного использования в IoT сценариях.

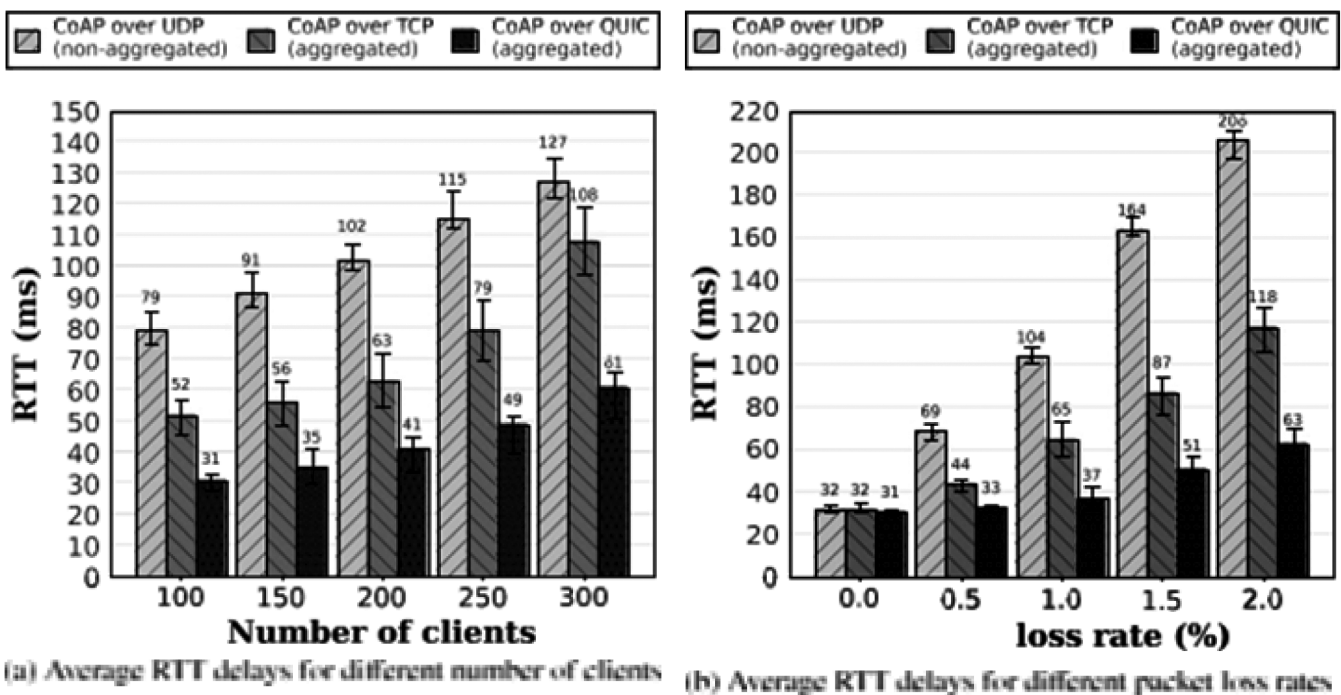


Рис. 3. Comparison of average RTT delays [7]

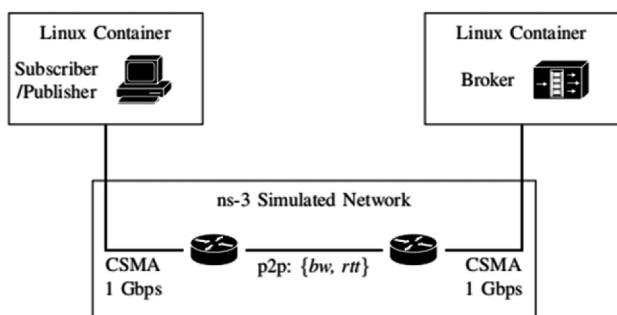


Рис. 4. Описание тестовой среды [2]

Результаты показали обещающие преимущества QUIC перед MQTT при использовании через TCP, особенно в сетях с низким RTT и высокой скоростью потерь пакетов. Это говорит о том, что QUIC может существенно повысить производительность и надежность приложений IoT, делая возможным более эффективное и безопасное взаимодействие между устройствами.

Однако внедрение QUIC в IoT сталкивается с некоторыми проблемами и ограничениями, такими как сложность интеграции в устройства с ограниченными ресурсами и необходимостью поддерживать обратную совместимость с существующими системами. Также отмечается, что текущая реализация QUIC все еще находится в стадии разработки и требует доработки для оптимизации производительности в IoT сценариях.

Исследование подчеркивает потенциал QUIC как мощного инструмента для улучшения коммуникаций в сфере IoT. Дальнейшая работа будет сосредоточена на преодолении существующих ограничений и продвижении разработки решений, адаптированных для промышленного использования, с целью полной реализации преимуществ QUIC в современных многоуровневых архитектурах IoT.

В заключение подчеркивается важность продолжения исследований по совершенствованию технологии QUIC в контексте IoT, а также расширение тестирования на более широком ряде устройств и сценариев применения, включая облачные и туманные вычисления, для глубокой интеграции в индустрию 4.0.

Требования к реализации протокола QUIC на устройствах IoT

При разработке решения по внедрению протокола QUIC на устройствах IoT необходимо учитывать ряд ключевых требований и аспектов. Во-первых, важно обеспечить оптимизацию использования ресурсов устройств IoT. Это включает в себя минимизацию потребления вычислительных ресурсов, памяти и энергии, чтобы обеспечить эффективную работу устройств в условиях ограниченных ресурсов. Так, к примеру в данном исследовании [8] тестовый стенд был описан следующим образом: ученые использовали платы разработки 32-битных микропроцессоров (Particle Argon и ESP32-DevKitC V4) были установлены с Quant и picoTLS для поддержки QUIC. Было обнаружено, что для реализации QUIC требуется около 63 КБ флэш-памяти, 16 КБ динамической памяти, 4 КБ стековой памяти и энергии 0,9 Дж на транзакцию. Было выявлено что при дальнейшей оптимизации QUIC сможет работать и на 16-битных процессорах. Для этого рекомендуется оптимизировать размер заголовков и другие параметры протокола, а также использовать механизмы управления потоками данных для уменьшения объема передаваемой информации.

Необходимо адаптировать протокол QUIC для совместимости с IoT и существующими сетями, обеспечивая защиту данных и работу в ненадежных сетях. Решение должно масштабироваться для управления большим количеством устройств и проходить тщательное тестирование для обеспечения стабильной и безопасной работы.

Вывод

В этой научной работе исследовались возможности применения протокола QUIC в Интернете вещей (IoT) с акцентом на производительность и безопасность. Для успешной интеграции предлагается оптимизировать ресурсы IoT-устройств, обеспечить их совместимость с различными платформами и протоколами связи. Критически важно гарантировать защиту данных через шифрование и аутентификацию, а также обеспечить

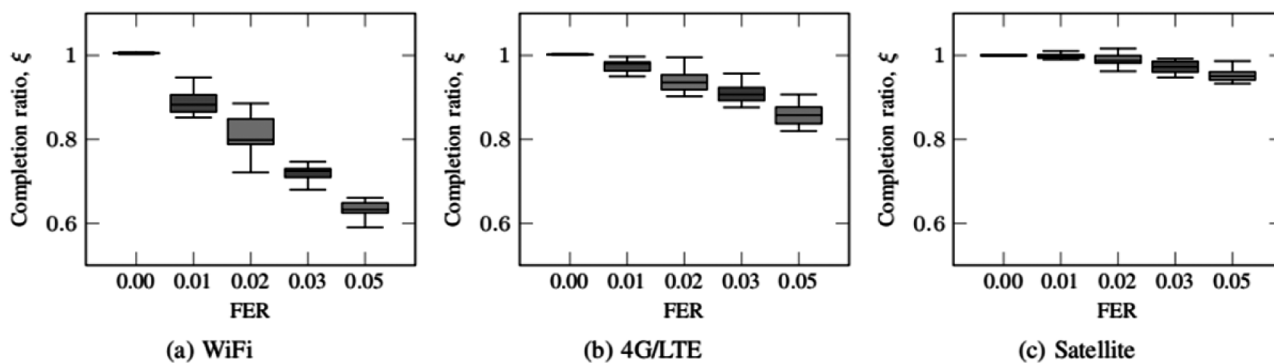


Рис. 5. Производительность MQTT через QUIC и TCP для остановки и ожидания передачи [2]

автоматическое восстановление связи и стабильную работу в непостоянных сетях. Масштабируемость должна обеспечиваться эффективным удаленным управлением и тщательным тестированием в реальных условиях для проверки производительности, надежности и безопасности. Эти рекомендации помогут успешно внедрить протокол QUIC в IoT, повысив эффективность и безопасность сетевых взаимодействий.

Следуя данным рекомендациям, разработчики и исследователи смогут успешно внедрить протокол QUIC в системы Интернета вещей, обеспечит значительное повышение эффективности и качества сетевых взаимодействий между устройствами IoT при соблюдении высоких стандартов безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Утегенов Н.Б. Интернет вещей (IoT) и информационные системы // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* 2023. 7(112). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/15799> (дата обращения: 25.03.2024 г.)
2. F. Fernández, M. Zverev, P. Garrido, J. R. Juárez, J. Bilbao and R. Agüero, «And QUIC meets IoT: performance assessment of MQTT over QUIC,» 2020 16th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob), Thessaloniki, Greece, 2020, pp. 1–6. URL: <https://doi.org/10.1109/WiMob50308.2020.9253384>. (дата обращения 25.03.2024 г.)
3. Муратов Г.А. Особенности работы протокола TLS/SSL // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* 2021. 3(30). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-raboty-protokola-tls-ssl> (дата обращения 25.03.2024 г.)
4. Еременко А.С. Процесс повторных передач сегментов Тср по тайм-ауту согласно теории управления // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* 2011. 4/3(52). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/protsess-povtornyh-peredach-segmentov-tsr-po-taym-autu-soglasno-teorii-upravleniya> (дата обращения: 25.03.2024 г.)
5. Юхимук Роман Алексеевич, Веревкин Сергей Александрович. Анализ протоколов сетевого взаимодействия для повышения надежности, быстродействия и безопасности сети организации // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* 2023. Вып.8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-protokolov-setevogo-vzaimodeystviya-dlya-povysheniya-nadezhnosti-bystrodeystviya-i-bezopasnosti-seti-organizatsii> (дата обращения: 25.03.2024 г.)
6. Симачев Антон Юрьевич. Сравнительный анализ эффективности алгоритмов обнаружения скрытых каналов в протоколе HTTP/3 // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* 2022.7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-effektivnosti-algoritmov-obnaruzheniya-skrytykh-kanalov-v-protokole-http-3> (дата обращения: 25.03.2024 г.)
7. Joong-Hwa Jung, Hye-Been Nam, Dong-Kyu Choi, Seok-Joo Koh / Use of QUIC for CoAP transport in IoT networks / *Internet of Things*, 2023, Volume 24, 100905
8. Darius Saif, Ashraf Matrawy // An Experimental Investigation of Tuning QUIC-Based Publish-Subscribe Architectures in IoT // arxiv: [сайт]. — URL: <https://habr.com/ru/companies/infopulse/articles/315172/> (дата обращения 25.03.2024 г.)
9. Fernández, F.; Zverev, M.; Garrido, P.; Juárez, J.R.; Bilbao, J.; Agüero, R. Even Lower Latency in IIoT: Evaluation of QUIC in Industrial IoT Scenarios. // *Sensors* 2021, 21, 5737.: [сайт]. — URL: <https://doi.org/10.3390/s21175737> (дата обращения 25.03.2024 г.)

© Баженов Артем Эдуардович (a.bazhenov@psuti.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПОИСКА ИНТЕРЕСНЫХ МЕСТ

ANALYZING AND DESIGNING A MOBILE APPLICATION FOR FINDING INTERESTING PLACES

A. Biryukova
A. Karaseva
M. Skalozubov
V. Kryazhevskikh
L. Khalyapin
N. Gulyaev

Summary. The study reveals theoretical and practical issues related to the analysis and design of a mobile application for finding interesting places. Separately in the article the criteria, to which the system of searching places and building a route should meet, as well as its main functions are emphasized. The results of a social survey conducted to compile a portrait of mobile application users and to understand their needs are presented. Special emphasis is placed on the stages of mobile application development and an example of user interface is presented.

Keywords: mobile application, route, user, development, interface, layout.

Бирюкова Анна Алексеевна

к.т.н., доцент, доцент, Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), г. Москва
biryukova@mirea.ru

Карасева Анастасия Сергеевна

Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), г. Москва
karasik0401@mail.ru

Скалозубов Максим Эдуардович

Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), г. Москва
maxim.skalozubov@yandex.ru

Кряжевских Владислав Дмитриевич

Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), г. Москва
vkryazhevskikh@gmail.com

Халяпин Лев Евгеньевич

Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), г. Москва
lev.halyapin@yandex.ru

Гуляев Никита Павлович

Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), г. Москва
4509234@gmail.com

Аннотация. В исследовании раскрываются теоретические и практические вопросы, связанные с анализом и проектированием мобильного приложения для поиска интересных мест. Отдельно в статье выделены критерии, которым должна отвечать система поиска мест и построения маршрута, а также ее основные функции. Приведены результаты социального опроса, проводимого для составления портрета пользователей мобильного приложения и понимания их потребностей. Особый акцент сделан на этапах разработки мобильного приложения и представлен пример пользовательского интерфейса.

Ключевые слова: мобильное приложение, маршрут, пользователь, разработка, интерфейс, макет.

Введение

В современном мире мобильные приложения стали неотъемлемой частью нашей повседневной жизни, обеспечивая доступ к широкому спектру сервисов и информации. В контексте поиска интересных мест и развлечений такие приложения играют ключевую роль, помогая пользователям находить такие места. В данной статье рассматривается вопрос необходимости создания мобильного приложения, предназначенного для поиска интересных мест, производится обзор существующих аналогов, проводится анализ результатов социального опроса с целью выявления потребностей целевой аудитории, рассматриваются основные шаги

разработки такого приложения, включая сбор пользовательских требований, проектирование и создание макета прототипа мобильного приложения.

При попытке найти подходящее место для проведения досуга часто возникают трудности при выборе оптимального варианта. Процесс поиска может оказываться исчерпывающим и требует значительных временных и эмоциональных затрат, что может в итоге подавить желание совершить путешествие [6]. Кроме того, при выборе места существует риск разочарования, поскольку представленные в Интернете фотографии и описание не всегда соответствуют действительности. Некоторые места следует посещать только в определенные време-

на года или время суток, что важно учитывать при планировании путешествия.

Анализ существующих аналогов

Система для поиска мест и построения маршрутов должна предоставлять разнообразные функции и инструменты, чтобы обеспечивать удобство как для обычных пользователей, так и для владельцев заведений. Можно выделить некоторые необходимые критерии, которые могут составить основу для удобной работы в такой системе: интерактивная карта, фильтрация по интересам, пользовательские отзывы и рейтинги, тегирование мест, построение и генерация маршрутов, уведомления о новых местах и событиях, интеграция с социальными сетями, обновляемая пользователями база данных, поддержка мобильных устройств.

Таким образом, в соответствии с поставленной задачей и выделенными критериями можно выделить несколько систем-аналогов, частично удовлетворяющих заданным условиям. Среди них:

- Узнай Москву [1];
- Конструктор карт Яндекса [2];
- Tripadvisor [3];
- Яндекс Карты [4];
- TopTripTip [5].

1. Узнай Москву [1] — это онлайн приложение-путеводитель по достопримечательностям столицы. Оно является гидом по городу и содержит в себе всю необходимую информацию о том, что можно посетить в Москве. Приложение помогает находить новые места и изучать их историю.

2. Конструктор карт Яндекса [2] — это инструмент на базе Яндекс Карт, который позволяет пользователям создавать собственные карты, преследуя следующие цели: планирование путешествий, создание карт для маркетинговых целей, отображение маршрутов.

3. Tripadvisor [3] — платформа для путешественников, предоставляющая информацию о местах туристического интереса. Она позволяет пользователям ознакомиться с отзывами и рекомендациями от других путешественников, а также делиться своим опытом.

4. Яндекс Карты [4] — картографический онлайн сервис, предлагающий детальные карты городов и регионов, функции для планирования маршрутов и поиска объектов, а также трехмерное отображение построек и панорамы улиц.

5. TopTripTip [5] — онлайн платформа для путешественников, предоставляющая инструменты для планирования и организации путешествий, поиска ин-

формации о местах, создания маршрутов и обмена рекомендациями. Техническая поддержка системы была прекращена в 2022 году [5].

По результатам анализа конкурентных аналогов на рынке была составлена таблица (Таблица 1).

Таблица 1.

Сравнительный анализ конкурентных аналогов на рынке

	Узнай Москву	Конструктор карт Яндекса	Tripadvisor	Яндекс Карты	TopTripTip
Интерактивная карта	+	+	+	+	+
Фильтрация по интересам	+	-	+	+	+
Пользовательские отзывы и рейтинги	-	-	+	+	-
Тегирование мест	-	-	+	-	-
Построение или генерация маршрутов	-	+	-	+	-
Уведомления о новых местах и событиях	-	-	-	+	-
Интеграция с социальными сетями	-	+	-	+	+
Обновляемая база данных	-	-	+	+	-
Поддержка мобильных устройств	+	-	+	+	+

Исходя из данных таблицы, ближайшими аналогами разрабатываемой системы можно считать сервисы Яндекс Карты и Tripadvisor, однако Яндекс Карты не предоставляют функционал тегирования мест и в целом созданы с целью навигации, а не планирования путешествий. Tripadvisor поддерживает тегирование, но не содержит функционал построения маршрутов, не информирует о появлении новых мест рядом, а также не интегрируется с социальными сетями.

Таким образом, на рынке существует необходимость создания системы удобного предоставления информации об интересных местах и планирования маршрутов с учетом временных, сезонных и ценовых особенностей места.

Анализ результатов опроса потенциальных пользователей

Был проведен социальный опрос для составления портрета пользователей и понимания их потребностей.

На момент написания статьи в опросе приняли участие 56 человек из разных возрастных и социальных групп по всей России. В основном, это люди от 19 до 23 лет, которые учатся или работают и не имеют детей.

Представители целевой аудитории ищут новые места для посещения раз в месяц или реже. Они чаще всего обращаются за советом к друзьям, семье и блогерам (83 %), либо предпочитают самостоятельно составлять маршруты (57 %). Основными критериями при выборе места являются атмосфера и стиль заведения (73 %), цены и удобное расположение (53 %). Более 70 % опрошенных предпочитают планировать свои маршруты заранее, часто на несколько дней. Во время поездок они отдают предпочтение посещению парков и природных достопримечательностей (82 %), ресторанов и кафе (64 %), музеев и культурных объектов (60 %). В своем городе они чаще всего останавливаются на ресторанах и кафе (68 %), а также парках и природных достопримечательностях (66 %). Почти половина опрошенных предпочитает посещать несколько мест за один день, а другая половина — только одно место. Временные затраты

на посещение места и его удаленность являются ключевыми критериями при планировании досуга (66 %). В качестве инструментов для планирования и составления маршрутов пользователи чаще всего используют Яндекс Карты, 2ГИС или соответствующие сайты в сети интернет. Примерно 60 % участников опроса предпочитают планировать свои маршруты более чем на один день вперед. По результатам опроса 90 % респондентов заинтересованы в наличии возможности делиться своими впечатлениями от посещения мест. Также 70 % опрошенных выразили желание воспользоваться функцией составления случайных маршрутов на день на основе личных предпочтений. 95 % опрошенных проявили интерес к посещению малоизвестных мест. Также 78 % опрошенных выразили желание поделиться подобными местами, однако почти половина из них не желает популяризировать эти места. Касаемо функционала приложения, респонденты выделили наличие следующих возможностей:

- Сохранение избранных мест (66 %);
- Фильтрация мест по тегам (62 %);
- Создание случайных маршрутов на основе предпочтений (57 %);

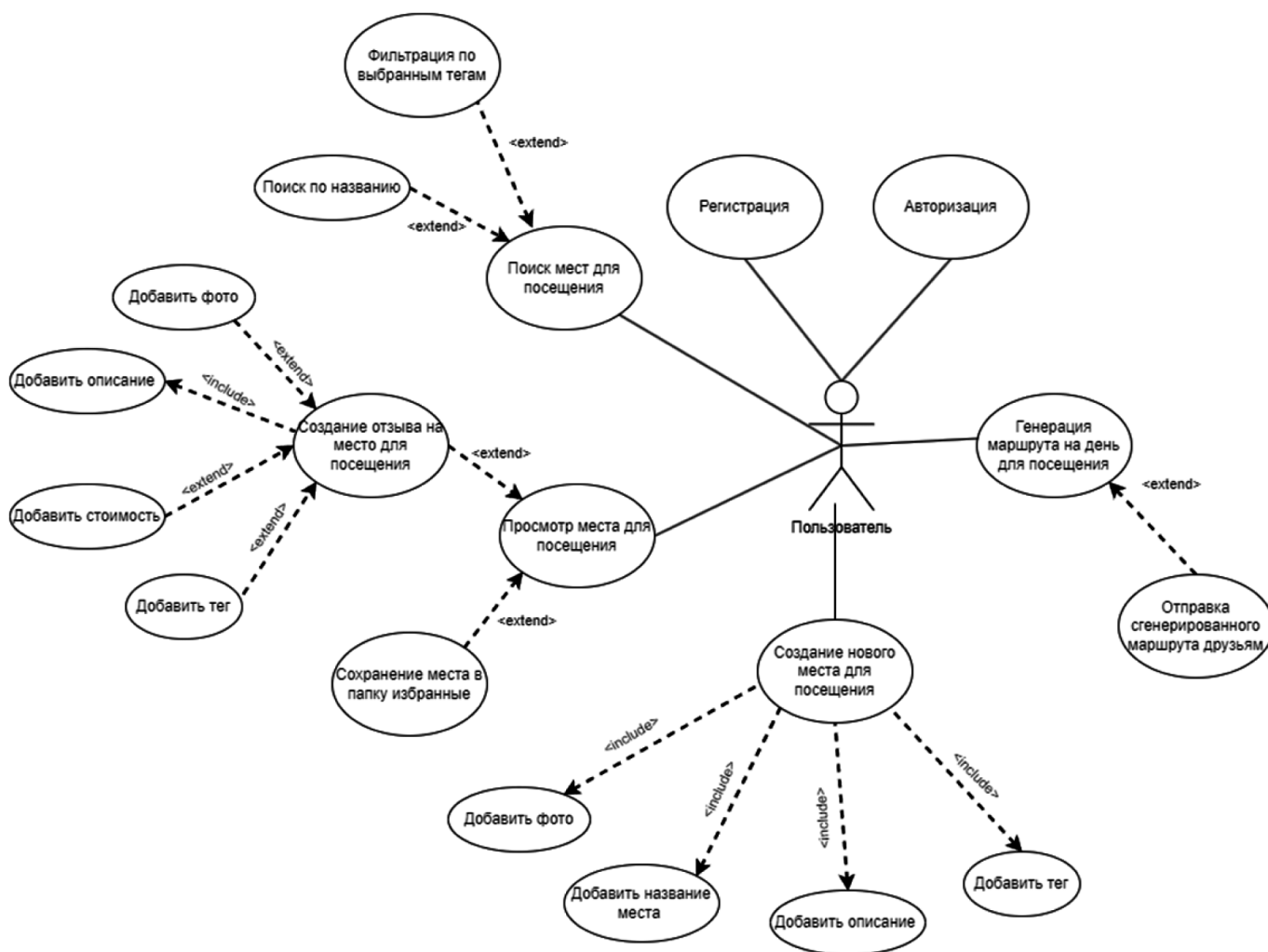


Рис. 1. Диаграмма прецедентов

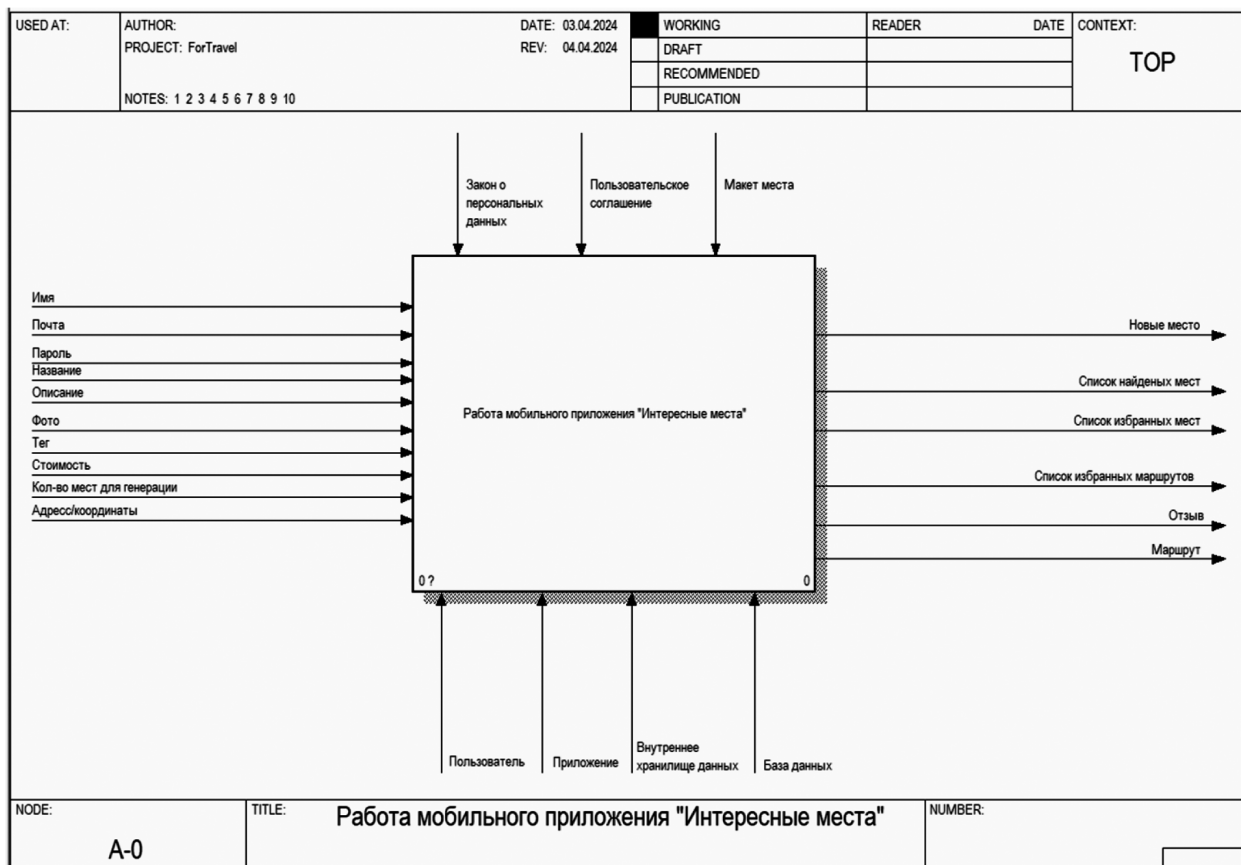


Рис. 2. Контекстная диаграмма

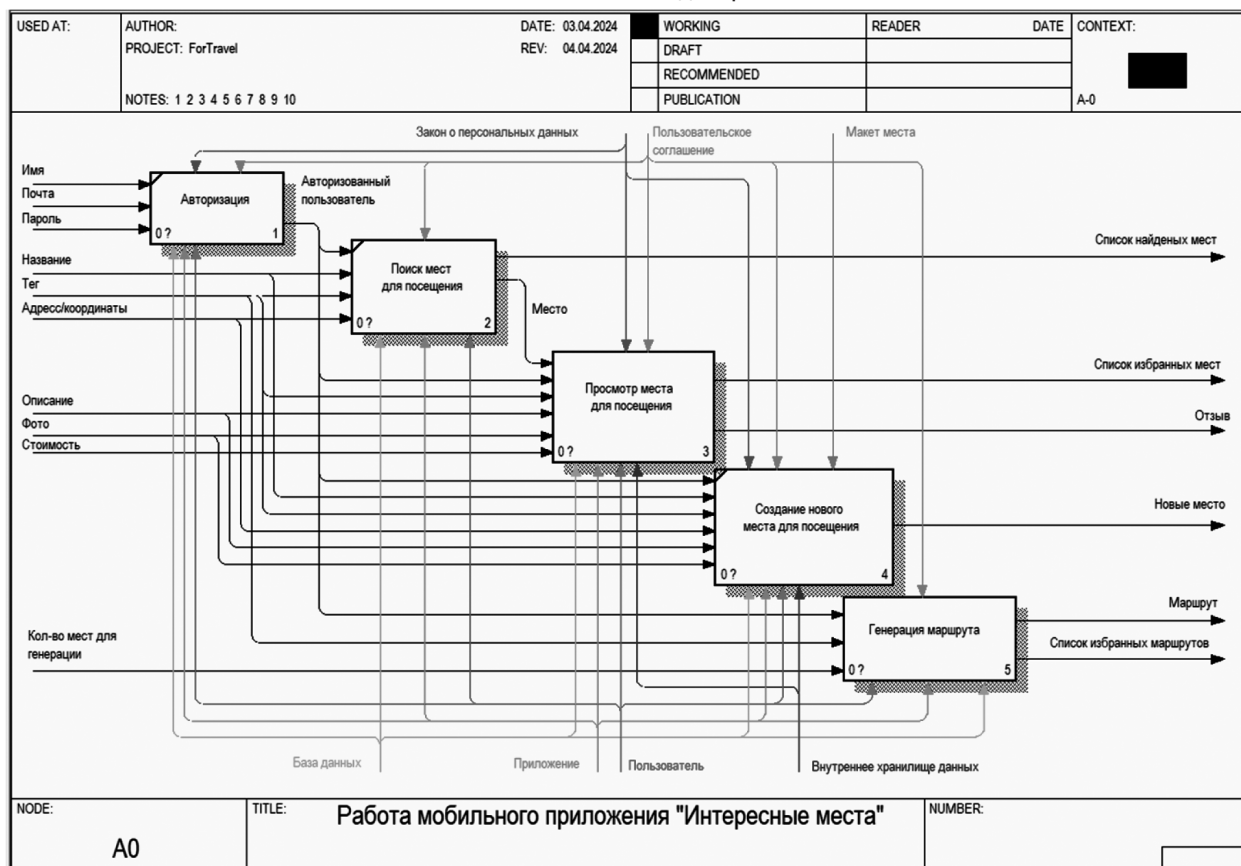


Рис. 3. Декомпозиция контекстной диаграммы



Рис. 4. User Flow

- Возможность построения маршрутов и отправки их друзьям (48 %);
- Интерактивные карты (44 %);
- Фильтрация по возрасту, цене и другим показателям (44 %);
- Возможность публикации собственных мест для посещения (41 %).

Таким образом, 91 % опрошенных людей заинтересован в пользовании подобным приложением.

Начало разработки

Для начала важно четко определить функционал приложения. Для этого была составлена диаграмма прецедентов — изображение всех возможных действий пользователей и системы в рамках приложения (Рисунок 1).

На основе диаграммы прецедентов была создана диаграмму «to-be» в нотации IDEF0 (Рисунки 2–3), которая позволила нам лучше понять взаимосвязь между различными функциями приложения и определить последовательность их выполнения. Это дало нам возможность оптимизировать процессы и улучшить пользовательский опыт, и определиться с входными и выходными данными системы.

С учетом вышеупомянутых диаграмм и функциональных возможностей был разработан пример пользовательского пути — последовательность действий, которые пользователь выполняет при использовании приложения (Рисунок 4).

На основе User Flow был создан пример макета пользовательского интерфейса, который отражает внешний вид и функциональность приложения (Рисунок 5). Этот макет помогает нам представить, как приложение будет выглядеть и как пользователи будут взаимодействовать с ним на практике.

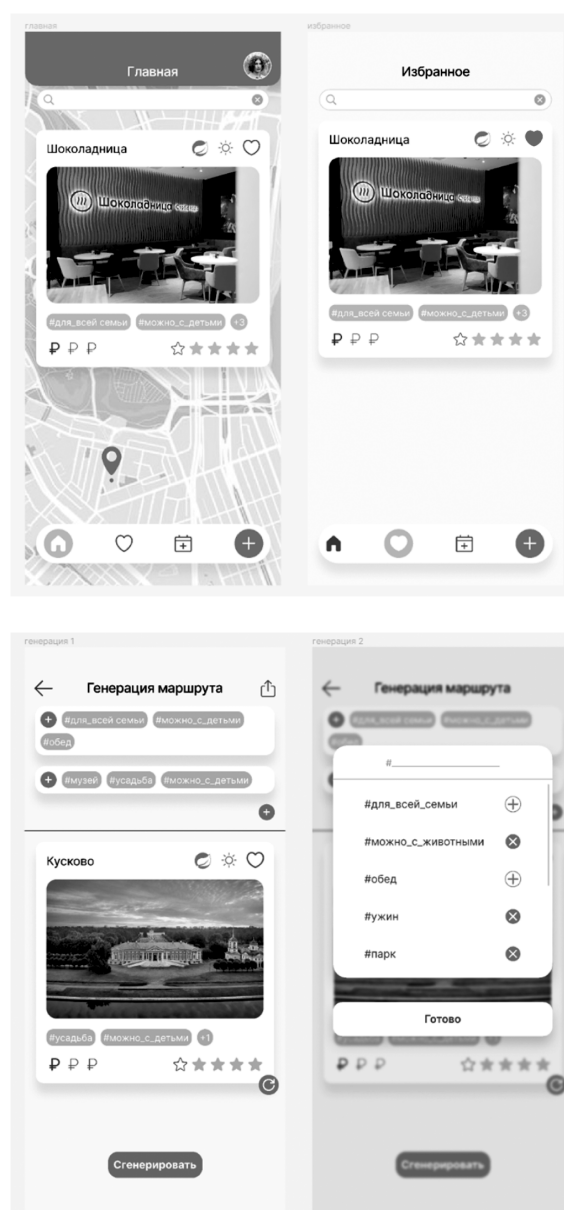


Рис. 5. Пользовательский интерфейс

Заключение

В завершение данной статьи хочется подчеркнуть, что разработка мобильного приложения для поиска интересных мест — это многогранный и тщательно продуманный процесс. Он начинается с четкого определения функциональных требований, которые должны удовлетворять потребности пользователей. Важным этапом этого процесса является создание диаграммы прецедентов, которая позволяет визуализировать все возможные действия пользователей и системы внутри приложения, что помогает разработчикам точно определить функционал приложения и выявить ключевые аспекты, которые необходимо реализовать.

Далее, на основе диаграммы прецедентов, составляется диаграмма IDEF0, которая помогает лучше понять взаимосвязь между различными функциями приложения и определить последовательность их выполнения, что в будущем поможет оптимизировать процессы и улучшить пользовательский опыт.

После этого создается пример пользовательского пути, который представляет собой последовательность действий, которые пользователь выполняет при использовании приложения.

На основе пользовательского пути создается пример макета пользовательского интерфейса, который отражает внешний вид и функциональность приложения. Этот макет помогает представить, как приложение будет выглядеть и как пользователи будут взаимодействовать с ним на практике.

В целом, понимание потребностей пользователей и адаптация функционала системы под них являются ключевыми факторами успешной разработки и популяризации приложения. Важно уделять должное внимание каждому этапу разработки, чтобы создать удобный, функциональный и привлекательный продукт, который будет успешно конкурировать на рынке мобильных приложений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Интерактивный городской гид Узнай Москву. Маршруты. — URL: <https://um.mos.ru/routes/> (дата обращения 10.02.2024).
2. Конструктор карт Яндекса (yandex.ru). — URL: <https://yandex.ru/map-constructor/> (дата обращения 10.02.2024).
3. TripAdvisor: более 1 миллиарда отзывов и публикаций об отелях, достопримечательностях, ресторанах и многом другом. — URL: <https://www.tripadvisor.ru/> (дата обращения 10.02.2024).
4. Карта Москвы с улицами и номерами домов — Яндекс Карты (yandex.ru). — URL: <https://yandex.ru/maps/213/moscow/> (дата обращения 10.02.2024).
5. TopTripTip Russia — Appreal. — URL: <https://appreal.org/toptriptip-russia/?ysclid=lsgcdsoh66993050055> (дата обращения 10.02.2024).
6. Туристы рассказали о трудностях в планировании путешествия, 2019. — URL: <https://blog.ostrovok.ru/turisty-rasskazali-o-trudnostyax-v-planirovanii-puteshestviya/?ysclid=lsq71is6l1251057870> (дата обращения 10.02.2024).
7. Как мы ищем интересное «на районе», 2021. — URL: <https://vc.ru/tribuna/280508-kak-my-ishchem-interesnoe-na-rayone?ysclid=lsq766lsyx362545298> (дата обращения 10.02.2024).
8. Как находить крутые места для путешествий по России, 2014. — URL: <https://lifehacker.ru/kak-naxodit-krutye-mesta-dlya-puteshestviya-po-rossii/?ysclid=lsq6ne08lp730634136> (дата обращения 11.02.2024).

© Бирюкова Анна Алексеевна (biryukova@mirea.ru); Карасева Анастасия Сергеевна (karasik0401@mail.ru);
 Скалозубов Максим Эдуардович (maxim.skalozubov@yandex.ru); Кряжевских Владислав Дмитриевич (vkryazhevskikh@gmail.com);
 Халяпин Лев Евгеньевич (lev.halyapin@yandex.ru); Гуляев Никита Павлович (4509234@gmail.com)
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ФОРМИРОВАНИЕ ЕДИНОЙ ЦИФРОВОЙ СРЕДЫ УНИВЕРСИТЕТА ПУТЕМ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ЭЛЕКТРОННАЯ КАФЕДРА»

FORMATION OF A UNIFIED DIGITAL ENVIRONMENT OF THE UNIVERSITY THROUGH THE DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM «ELECTRONIC DEPARTMENT»

**S. Bondarenko
M. Polenok
N. Azarenko**

Summary. Digitalization as one of the key driving forces of economic and social development has firmly entered our lives. This process has not bypassed the field of education. Developments in the field of electronic and distance learning are not a fashionable trend today, but an objectively existing need of a dynamically changing and developing society.

Keywords: digitalization, electronic journal, accounting for the activities of the department, 1С, higher education institution.

Бондаренко Сергей Владимирович

Ассистент, ФГБОУ ВО Брянский государственный инженерно-технологический университет
bondrenkoseregabondarenko576@gmail.com

Поленок Максим Викторович

Ассистент, ФГБОУ ВО Брянский государственный инженерно-технологический университет
polenok.maksim.2001@mail.ru

Азаренко Наталья Юрьевна

кандидат экономических наук, доцент,
ФГБОУ ВО Брянский государственный инженерно-технологический университет
salovanat@mail.ru

Аннотация. Цифровизация как одна из ключевых движущих сил развития экономики и общества прочно вошла в нашу жизнь. Этот процесс не обошёл стороной и сферу образования. Разработки в области электронного и дистанционного обучения — сегодня это не модный тренд, а объективно существующая потребность динамично меняющегося и развивающегося общества.

Ключевые слова: цифровизация, электронный журнал, учет деятельности кафедры, 1С, высшее учебное заведение.

Введение

Одной из главных проблем высшего образования сегодня смело можно обозначить «оторванность» программ обучения от реальных трудовых процессов. Сегодня этот разрыв пытаются преодолеть, принимая попытки синхронизировать Федеральные государственные образовательные стандарты и профессиональные стандарты. В образовательные программы высших учебных заведений уже на базовом уровне закладываются реальные потребности бизнес-среды в тех компетенциях, которыми необходимо овладеть выпускникам в результате ее освоения.

Успешность образовательного процесса напрямую коррелирует с готовностью образовательных организаций к изменениям, которые диктует обновление стандартов образования и общество в целом. Цифровая трансформация высших учебных заведений меняет технологию и траекторию образовательного процесса [3].

В рамках данной статьи мы обратимся к одному из важнейших аспектов процессов цифровой трансформации высших учебных учреждений — процессу формирования единой цифровой среды, на примере отдель-

ной кафедры [2]. Кафедра, как основное звено высшего учебного заведения, помимо общих функций, связанных с учебным процессом, выполняет ряд специфических задач, связанных другими аспектами функционирования ВУЗа, как организации. В частности, это вопросы, связанные с учетом материально-технической базы, что особенно актуально для технических кафедр.

В рамках данного процесса была создана экспертно-методическая группа специалистов, целью которых была разработка информационной системы на базе технологической платформы 1С, целью которой стала автоматизация процессов деятельности кафедры, в частности одного из важнейших аспектов работы технической кафедры — учета оборудования кафедры, а также ведения журнала посещаемости и успеваемости.

В ходе проделанной работы на платформе «1С:Предприятие» была создана информационная система «Электронная кафедра».

Разработка информационной системы

Разработанная информационная система представлена следующими модулями:

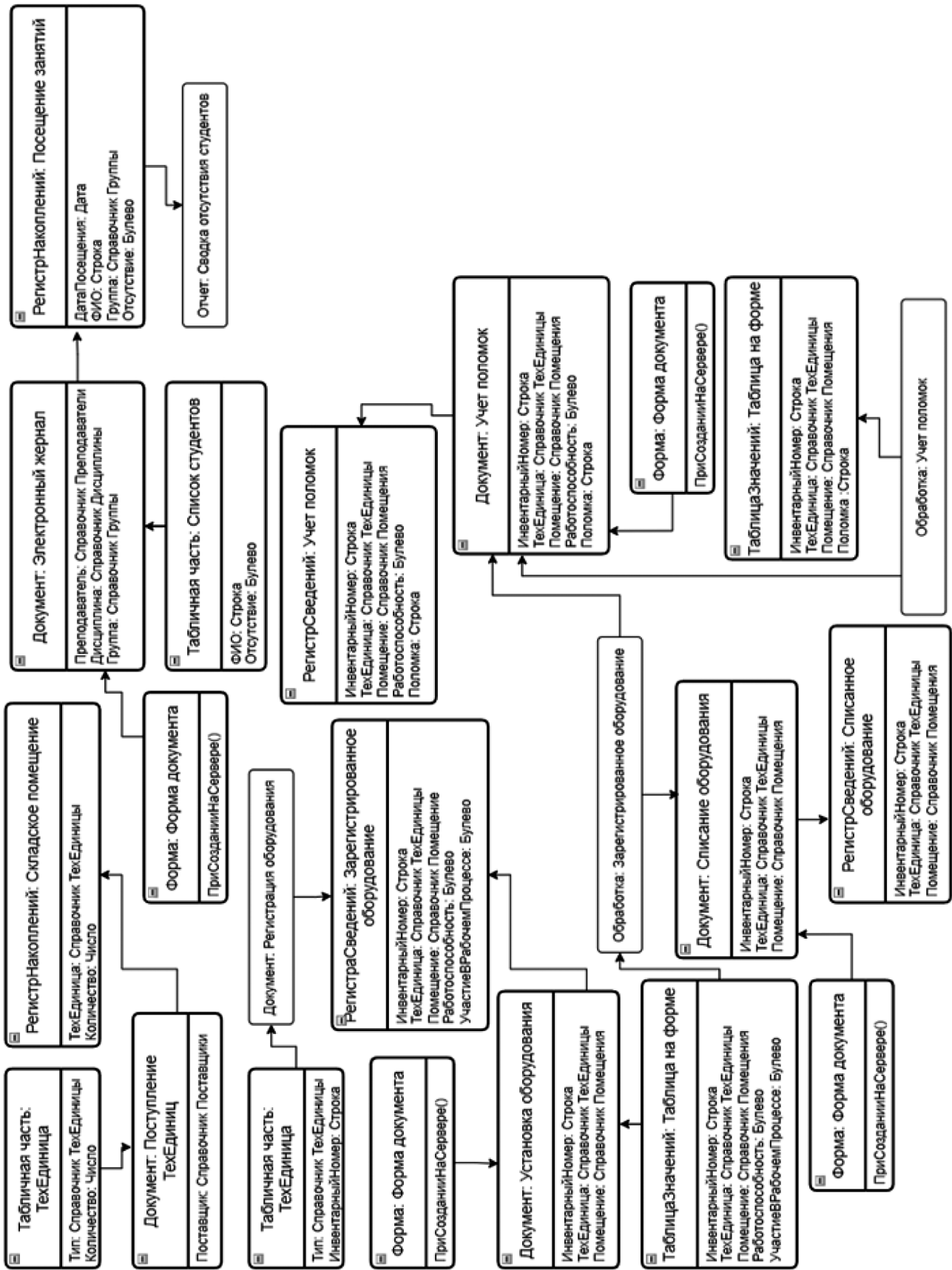


Рис. 1. Карта программного продукта

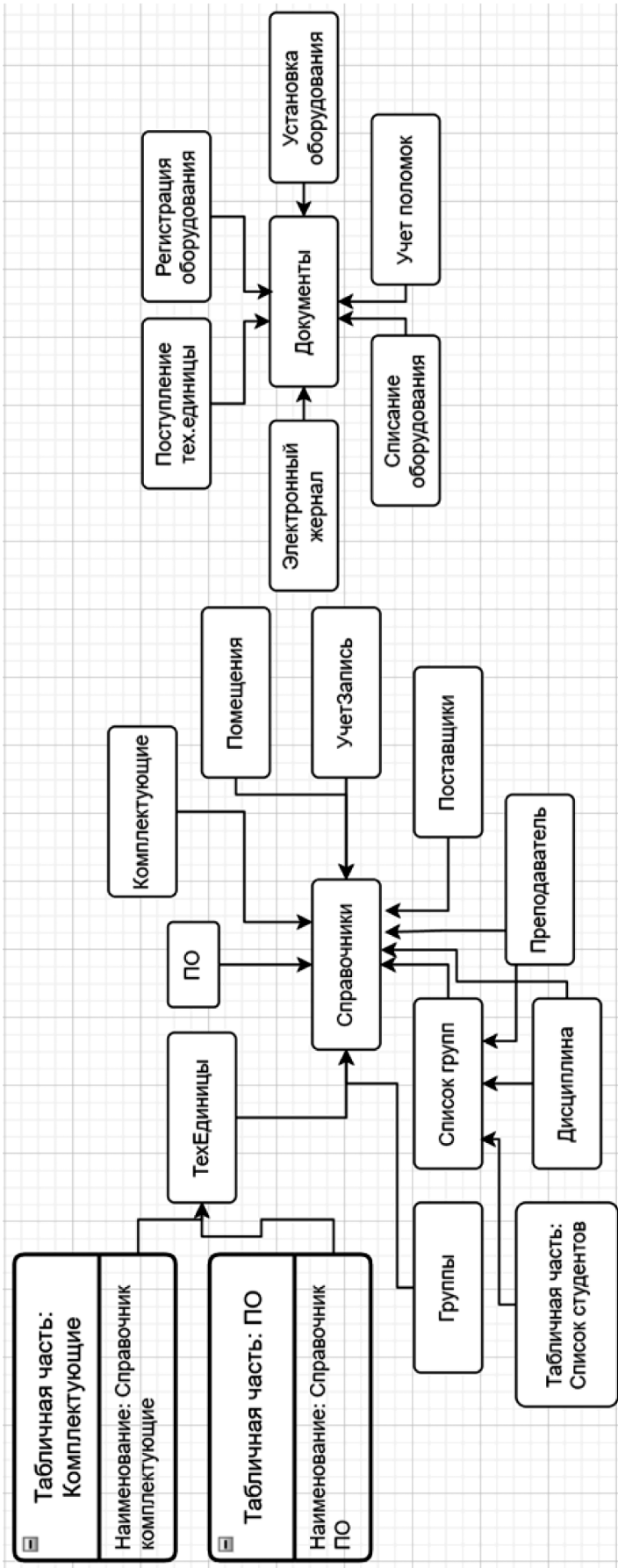


Рис. 2. Архитектура информационной системы

1. Контроль электронного оборудования на кафедре
 - Регистрация оборудования
 - Контроль зарегистрированного оборудования
 - Учет поломок оборудования
2. Электронный журнал
 - Журнал посещаемости
 - Сводная ведомость отсутствия студентов за заданный период

На рисунках 1–2 представлены карта программно-продукта и архитектура информационных систем [1].

Рассмотрим модуль «Зарегистрированное Оборудование» (см. рис. 3). Данный модуль отвечает за хранение данных о зарегистрированном оборудовании. Функционал модуля используется в дальнейшем в процессах учета поломок, установки и списания оборудования.

Не менее важную роль играет модуль «Учет Поломок». Данный модуль осуществляет хранение и анализ данных, связанных с ремонтной деятельностью заведения.

В модуле «Регистрация Оборудования». кроме стандартного «движения» присутствует проверка на доста-

```

&НаСервере
[ Процедура ПриСозданииНаСервере (Отказ, СтандартнаяОбработка)
  ОбновитьНаСервере ();
  КонецПроцедуры

&НаКлиенте
[ Процедура УстановитьВыбранное (Команда)
  ПараметрыФормы = Новый Структура ("ИнвентарныйНомер", Элементы.ТаблицаНаФорме.ТекущиеДанные.ИнвентарныйНомер);
  ПараметрыФормы.Вставить ("Тип", Элементы.ТаблицаНаФорме.ТекущиеДанные.ТехЕдиница);
  ПараметрыФормы.Вставить ("Помещение", Элементы.ТаблицаНаФорме.ТекущиеДанные.Помещение);

  ОткрытьФорму ("Документ.УстановОборудования.форма.формаДокумента", ПараметрыФормы, ЭтаФорма, , , , РежимОткрытияОкнаФормы.Независимый);
  КонецПроцедуры

&НаКлиенте
[ Процедура ОтметитьПоломку (Команда)
  ПараметрыФормы = Новый Структура ("ИнвентарныйНомер", Элементы.ТаблицаНаФорме.ТекущиеДанные.ИнвентарныйНомер);
  ПараметрыФормы.Вставить ("Тип", Элементы.ТаблицаНаФорме.ТекущиеДанные.ТехЕдиница);
  ПараметрыФормы.Вставить ("Помещение", Элементы.ТаблицаНаФорме.ТекущиеДанные.Помещение);

  ОткрытьФорму ("Документ.УчетПоломок.форма.формаДокумента", ПараметрыФормы, ЭтаФорма, , , , РежимОткрытияОкнаФормы.Независимый);
  КонецПроцедуры

&НаКлиенте
[ Процедура СписатьВыбранное (Команда)
  ПараметрыФормы = Новый Структура ("ИнвентарныйНомер", Элементы.ТаблицаНаФорме.ТекущиеДанные.ИнвентарныйНомер);
  ПараметрыФормы.Вставить ("Тип", Элементы.ТаблицаНаФорме.ТекущиеДанные.ТехЕдиница);
  ПараметрыФормы.Вставить ("Помещение", Элементы.ТаблицаНаФорме.ТекущиеДанные.Помещение);

  ОткрытьФорму ("Документ.СписаниеОборудования.форма.формаДокумента", ПараметрыФормы, ЭтаФорма, , , , РежимОткрытияОкнаФормы.Независимый);
  КонецПроцедуры
    
```

Рис. 3. Функционал модуля «Зарегистрированное Оборудование»

Группы Дисциплина Преподаватель Список групп Электронный журнал Отчеты ▾

🏠 ← → ☆ **Сводка отсутствия студента**

Сформировать Выбрать вариант... Настройки...

Начало периода: 20.09.2023 0:00:00 Группа: ИСТ-101

Конец периода: 02.10.2023 0:00:00

Параметры: Начало периода: 20.09.2023 0:00:00
 Конец периода: 02.10.2023 0:00:00
 Группа: ИСТ-101

Дата посещения	Иванов Петр Семенович	Петров Степан Иванович	Итого
	Отсутствие	Оборот	Отсутствие
	Оборот	Отсутствие	Оборот
29.09.2023			1
01.10.2023	2	1	3
Итого	2	2	4

Рис. 4. Реализация модуля «Электронный журнал»

точное количество оборудования на складе и создание новой записи в регистре сведений «Зарегистрированное Оборудование»

Модуль документа «Учет Поломок» предполагает автоматическое заполнение полей документа при принятии информации из обработок «Зарегистрированное Оборудование» и «Учет Поломок».

Другим направлением автоматизации стал журнал учета посещаемости студентов с возможностью формирования сводок отсутствия студентов в разрезе групп и дисциплин. Пример апробации модуля представлен на рисунке 4.

Заключение

При таком подходе достигается позиционирование информационной системы как базиса для дальнейших процессов цифровизации факультета и университета.

Информационная система на данном этапе не охватывает полный спектр деятельности кафедры, однако одним из главных достоинств платформы «1С: Предприятие» и конфигураций, разработанных на ее основе, является гибкость и возможность дальнейшего масштабирования количества решаемых задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поленок, М.В. Разработка программной системы учета деятельности компьютерного клуба / М.В. Поленок, С.В. Бондаренко // Индустрия 1С: Сборник статей региональной конференции, Брянск, 25 ноября 2022 года. — Брянск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный инженерно-технологический университет», 2022. — С. 288–294. — EDN QSTDQK.
2. Лутфуллина, Г.Г. Цифровая кафедра в КНИТУ / Г.Г. Лутфуллина // Потенциал педагогической науки в условиях цифровизации и неопределенности: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 300-летию Российской академии наук, Казань, 28 сентября 2023 года. — Казань: ММСИП, 2023. — С. 171–175. — EDN JDLWUA.
3. Монахова, Л.Ю. Инновационная инфраструктура в сфере управления образованием: цифровая кафедра / Л.Ю. Монахова, Л.Н. Цымбалюк // Современные парадигмы устойчивого развития региональных социально-экономических систем в условиях роста неопределенности внешней среды: Материалы Международной научно-практической конференции, Гатчина, 21 апреля 2023 года. — Гатчина: Государственный институт экономики, финансов, права и технологий, 2023. — С. 587–593. — EDN SBQPUV.

© Бондаренко Сергей Владимирович (bondrenkoseregabondarenko576@gmail.com); Поленок Максим Викторович (polenok.maksim.2001@mail.ru);

Азаренко Наталья Юрьевна (salovanat@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ФОРМАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ НОТАЦИИ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МОДЕЛЕЙ В ЦЕЛОМ ПО МЕТОДОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРУДА

FORMAL DESCRIPTION OF A GRAPHICAL NOTATION FOR REPRESENTING MODELS AS A WHOLE FOR METHODOLOGY OF AUTOMATION OF INTELLECTUAL LABOR

**M. Glinkin
O. Novoselova**

Summary. The article presents a formal description of a graphical notation using three-dimensional visualization to represent models of automated systems according to the Methodology of Automation of Intellectual Labor (MAIL). The research aims to enhance the efficiency of modeling automated systems by providing a more comprehensive representation of models. Research methods: Systems approach. The study examines the description of MAIL models for the initial and conceptual modeling stages of subject tasks. As a result of the research, a correspondence between the entities of original MAIL models and the structure of the developed graphical representation was established, and its formal description was provided. This description advances the methods of initial and conceptual modeling and ensures alignment of the formed representation with MAIL models, facilitating the development of a methodology for shaping this representation.

Keywords: methodology of Automation of Intellectual Labor, modeling of automated systems, conceptual modeling, graphical notation, three-dimensional visualization.

Для представления сложных составных моделей может быть использовано представление с использованием трехмерной визуализации. Подобные решения позволяют более наглядно и полно отобразить все части модели, их статические и динамические структуры и взаимосвязи между ними. В данной статье предложено формальное описание разработанной в предыдущих исследованиях графической нотации для представления моделей автоматизированных систем по методологии автоматизации интеллектуального труда (МАИТ) с использованием трехмерного представления для визуализации полной взаимосвязанной модели в целом (см. рис. 1).

Согласно методологии автоматизации интеллектуального труда, на всех этапах моделирования, модели автоматизированных систем (АС) включают статические и динамические элементы модели. Отношения между

Глинкин Максим Олегович
Аспирант, Московский государственный
технологический университет «СТАНКИН»,
maximglin05@yandex.ru

Новоселова Ольга Вячеславовна
канд.техн.наук, доцент, Московский государственный
технологический университет «СТАНКИН»
ol.novoselova@stankin.ru

Аннотация. В статье представлено формальное описание графической нотации с использованием трехмерной визуализации для представления моделей автоматизированных систем по методологии автоматизации интеллектуального труда (МАИТ). Целью исследования является повышение эффективности процесса моделирования автоматизированных систем за счет более полного представления моделей. Методы исследования: системный подход. В исследовании было рассмотрено описание моделей по МАИТ для этапов начального и концептуального моделирования предметных задач. В результате исследования было установлено соответствие между сущностями оригинальных моделей по МАИТ и структурой разработанного графического представления и приведено его формальное описание. Данное описание развивает методы начального и концептуального моделирования и позволяет гарантировать соответствие сформированного представления моделям по МАИТ, а также перейти к разработке методики по формированию данного представления.

Ключевые слова: методология автоматизации интеллектуального труда, моделирование автоматизированных систем, концептуальное моделирование, графическая нотация, трехмерная визуализация.

сущностями этих структур отражают функциональные зависимости между действиями, описанными в динамической структуре модели, и информацией, описываемой в статической структуре модели. Подобная структура позволяет производить сложные действия над моделями, например, оптимизацию решений — возможно выполнение распараллеливания алгоритма, так как по модели очевидны используемые в каждом конкретном действии структуры данных, а также интеграцию моделей. При этом сами статическая и динамическая составляющие обладают иерархической структурой, что позволяет производить моделирование области знаний в виде открытой сети, согласно когнитивному подходу к моделированию. Наглядное визуальное представление данных взаимосвязей помогает специалистам производить моделирование и анализ согласно методологии, полностью показывая всю родословную параметров, используемых в модели и их отношения с единицами динами-

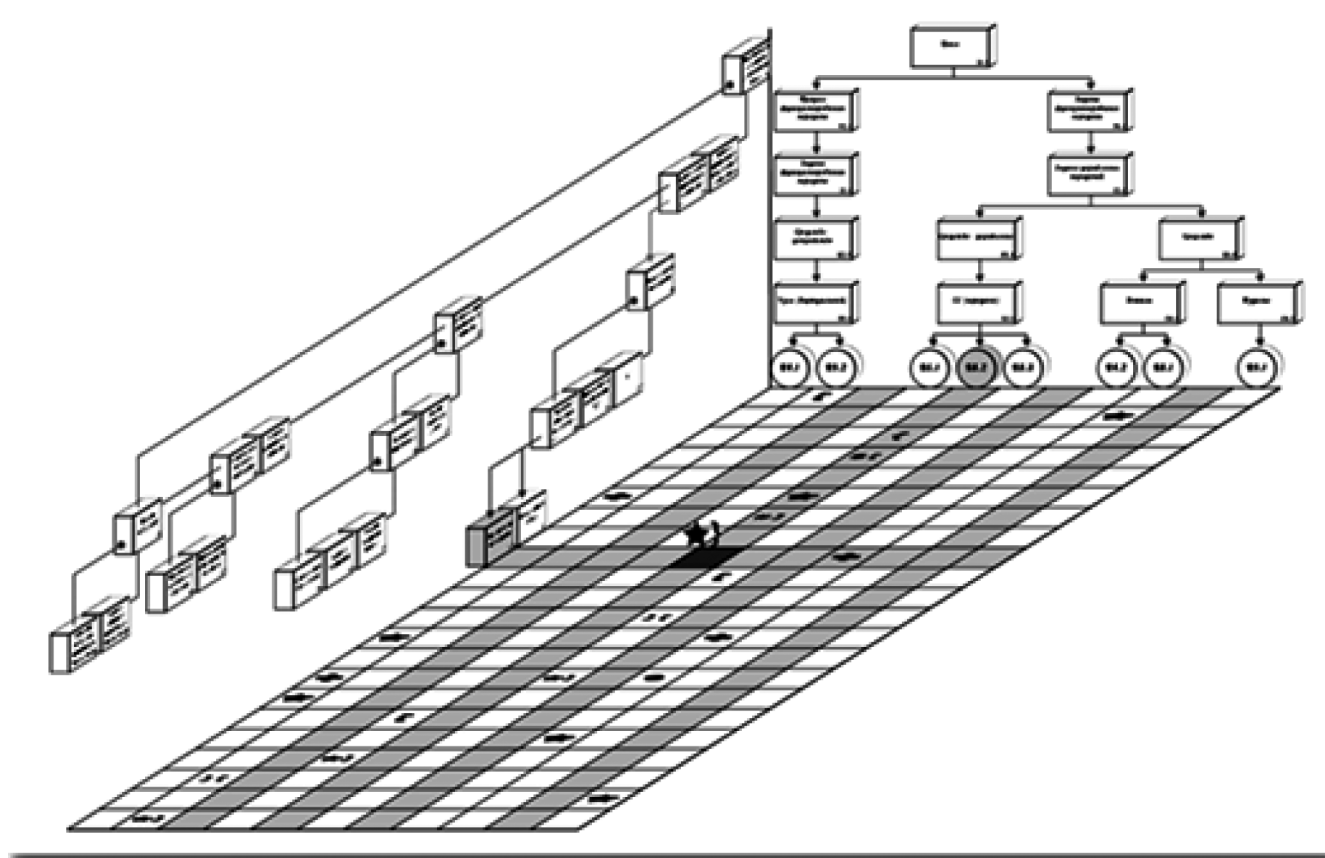


Рис. 1. Пример визуализации концептуальной модели по МАИТ с использованием разработанной нотации

ческой структуры, что снижает когнитивную нагрузку на специалистов, тем самым повышая эффективность процессов моделирования АС согласно МАИТ.

Далее приведено формальное описание для этапов начального и концептуального моделирования по МАИТ. Представление модели в данной графической нотации, по сути, имеет графовую структуру, отражающую объекты оригинальной модели и взаимосвязи между ними, поэтому требуется установить соответствие между данными сущностями. Для этого сначала будет приведено краткое формальное описание моделей по МАИТ и затем показано, как оно будет отображено на структуру представления по разработанной нотации.

В формируемом формальном описании будет рассматриваться объектный уровень моделей, так как в контексте его графического представления, требуется зафиксировать сущности модели и отношения между ними, а не конкретные экземпляры сущностей, возникающие уже при рассмотрении модели на конкретном уровне, то есть экземпляры сущностей для какой-либо конкретной задачи.

Согласно методологии, для начального этапа моделирования модель для n -й предметной задачи описывается как:

$$MPi(z) = \langle Pi(z), Zi(z), Ri^{MP}(z) \rangle.$$

Параметр z принимает значение n для описания начальной модели n -й предметной задачи. На объектном уровне $i=2$. $Pi(z)$ — представляет собой множество параметров, $Zi(z)$ — множество предметных действий, $Ri^{MP}(z)$ — множество отношений, описывающих взаимосвязи между статической и динамической структурами модели [1].

Для рассматриваемого в контексте формирования трехмерного представления модели в целом объектного уровня модель предметной задачи представляется как набор множества параметров, отношений над параметрами и отношений между этими множествами.

Тогда $P2(n) \equiv X(n) = \{x_{qk}\}$ — множество параметров задачи на объектном уровне.

Каждый параметр является свойством какого-либо объекта, поэтому разбиение параметров по объектам описывается следующим образом [1]:

$$X(n) = \bigcup_q X_q(n), X_q(n) = \{x_{qk}\},$$

где $X_q(n)$ — множество параметров, относящихся q -му объекту, а x_{qk} — k -й параметр q -го объекта из множества объектов $O(n)$, где

$$O(n) = \{o_q\},$$

Тогда пусть $S2(n)$ множество бинарных отношений между соответствующими объектами o_q и параметрами $X_q(n)$:

$$S2(n) = \bigcup_q o_q X_q(n).$$

$Z2(n) = \langle N2(n), FN2(n) \rangle$ представляет собой систему предметных действий, определяющую алгоритм решения предметной задачи, состоящую из множества предметных действий и множества бинарных отношений над этими действиями.

$R_2^{MP}(n)$ — отношения, описывающие взаимосвязи между сущностями статической и динамической структур модели.

На разработанном трехмерном представлении для начальной модели множество параметров $X(n)$ отображается на множество узлов диаграммы $V_{\text{Параметр}}$:

$$X(n) \rightarrow V_{\text{Параметр}},$$

множество родительских объектов $O(n)$ отображается на множество узлов диаграммы $V_{\text{Объект}}$:

$$O(n) \rightarrow V_{\text{Объект}},$$

Пусть $R_{\text{ИС}}$ — множество взаимосвязей на разработанном представлении, тогда:

$$S2(n) \rightarrow R_{\text{ИС}} \subset V_{\text{Объект}} \times V_{\text{Параметр}}.$$

Для формального описания разработанного представления будет использован математический аппарат теории графов:

$$G = \{V, E\},$$

где G обозначает граф, V — множество его вершин, E — множество его ребер.

Таким образом, статическая структура предметной задачи на начальном этапе моделирования на диаграмме представляет из себя граф

$$G_{\text{ИС}} = \{V_{\text{ИС}}, E_{\text{ИС}}\},$$

где $V_{\text{ИС}} = V_{\text{ВПараметр}} \cup V_{\text{ВОбъект}}$ — вершины графа, соответствующие узлам параметров и их родительских объектов, $E_{\text{ИС}}$ — ребра графа, соответствующие бинарным отношениям между параметрами и объектами.

Множество предметных действий объектного уровня $N2(n)$ на трехмерном представлении начальной моде-

ли отображается на множество узлов, представляющих предметные зависимости ВПД:

$$N2(n) \rightarrow V_{\text{ВПД}} = V_{\text{ВПДЭл}} \cup V_{\text{ВПДАл}} \cup V_{\text{ВПДИтер}} \cup V_{\text{ВПДПосл}},$$

где $V_{\text{ВПДЭл}}$ — множество узлов диаграммы, представляющих элементарные предметные действия, $V_{\text{ВПДАл}}$ — множество узлов диаграммы, представляющих предметные действия типа «Альтернатива», $V_{\text{ВПДИтер}}$ — множество узлов диаграммы, представляющих предметные действия типа «Итерация», $V_{\text{ВПДПосл}}$ — множество узлов диаграммы, представляющих предметные действия типа «Последовательность».

Пусть $R_{\text{ВПД}}$ — множество взаимосвязей между узлами представления, соответствующими предметным действиям, тогда:

$$FN2(n) \rightarrow R_{\text{ВПД}} = V_{\text{ВПД}} \times V_{\text{ВПД}}.$$

На разработанном представлении система предметных действий начальной модели представляет из себя граф:

$$G_{\text{ВПД}} = \{V_{\text{ВПД}}, E_{\text{ВПД}}\},$$

где $V_{\text{ВПД}}$ — вершины графа, соответствующие узлам предметных действий, $E_{\text{ВПД}}$ — ребра графа, соответствующие бинарным отношениям между предметными действиями.

Множество функциональных отношений между параметрами и ПД на объектном уровне $R_2^{MP}(n)$ на трехмерном представлении концептуальной модели отображается на множество узлов отношений $R_{\text{Отн}}$:

$$R_2^{MP-1}(n) \rightarrow R_{\text{Отн}} : V_{\text{Параметр}} \rightarrow V_{\text{ВПД}}.$$

Таким образом, множество функциональных отношений концептуальной модели предметной задачи объектного уровня на диаграмме может быть представлено в виде графа

$$G_{\text{НМ}} = \{V_{\text{В}}, E_{\text{RОтн}}\},$$

где $V_{\text{В}} = \langle V_{\text{ВПараметр}}, V_{\text{ВПД}} \rangle$ — множество вершин графа, включающее в себя вершины, соответствующие узлам параметров и вершины, соответствующие узлам предметных действий, $E_{\text{RОтн}}$ — ребра графа, соответствующие функциональным отношениям между параметрами и предметными действиями.

Концептуальная модель для n -й предметной задачи имеет вид:

$$KPi(z) = \langle Mi(z), Thi(z), FUi(z), R^{KP}(z) \rangle,$$

где $z = n$ описывает концептуальную модель n -й предметной задачи объектного уровня ($i = 2$); $Mi(z)$ — множество категорий, $Thi(z)$ — множество статических отношений между категориями, $FUi(z)$ — множество динамических отношений, $R^{KP}(z)$ — отношения, описывающие взаимосвязи между сущностями статической и динамической составляющих модели [2].

Пусть множество предметных категорий объектного уровня $M2(n)$ будет обозначено как множество $A(n)$, множество предметных зависимостей объектного уровня $\overline{V2}(n)$ как множество $\overline{W}(n)$ [3].

На разработанном трехмерном представлении концептуальной модели множество предметных категорий объектного уровня $A(n)$ отображается на множество узлов диаграммы $V_{ПК}$:

$$A(n) \rightarrow V_{ПК} = \langle V_{ПКГруппа}, V_{ПКПризнак} \rangle.$$

$V_{ПКГруппа}$ — множество узлов на разработанном представлении, соответствующих предметным категориям, которые расположены на всех уровнях выше предметных категорий типа «Признак» (предметные категории типов: цикл, процесс, задача, компонент, объект). $V_{ПКПризнак}$ — множество узлов представления, соответствующих предметным категории типа «Признак».

Пусть $R_{ПК}$ — множество взаимосвязей между предметными категориями на представлении, тогда множество отношений модели отображается на них как:

$$T2(n) \rightarrow R_{ПК} \subset V_{ПКГруппа} \times V_{ПКГруппа} \times V_{ПКГруппа} \times V_{ПКПризнак}.$$

Таким образом, концептуальная структура предметной задачи на диаграмме представляет из себя граф:

$$G_{КС} = \{V_{ПК}, E_{ПК}\}.$$

В рассматриваемом представлении $V_{ПК}$ — вершины графа, соответствующие узлам предметных категорий, $E_{ПК}$ — ребра графа, соответствующие бинарным отношениям между предметными категориями.

Множество предметных зависимостей $W(n)$ на трехмерном представлении концептуальной модели отображается на множество узлов, представляющих предметные зависимости $V_{ПЗ}$:

$$W(n) \rightarrow V_{ПЗ} = V_{ПЗЭл} \cup V_{ПЗАл} \cup V_{ПЗИтер} \cup V_{ПЗПосл},$$

где $V_{ПЗЭл}$ — множество узлов диаграммы, представляющих элементарные предметные зависимости, $V_{ПЗАл}$ — множество узлов диаграммы, соответствующих предметным зависимостям типа «Альтернатива»,

$V_{ПЗИтер}$ — множество узлов диаграммы, соответствующих предметным зависимостям типа «Итерация», $V_{ПЗПосл}$ — множество узлов диаграммы, соответствующих предметным зависимостям типа «Последовательность».

Пусть $R_{ПЗ}$ — множество взаимосвязей на разработанном представлении. Тогда множество отношений между предметными зависимостями объектного уровня отображается на него как:

$$\overline{FV2}(n) \rightarrow R_{ПЗ} = V_{ПЗ} \times V_{ПЗ}.$$

Таким образом, система предметных зависимостей предметной задачи на диаграмме представляет из себя граф

$$G_{СПЗ} = \{V_{ПЗ}, E_{ПЗ}\},$$

где $V_{ПЗ}$ — вершины графа, соответствующие узлам, представляющим предметные зависимости на разработанном трехмерном представлении, $E_{ПЗ}$ — ребра графа, соответствующие бинарным отношениям между предметными зависимостями на представлении.

Пусть $R_{Отн}$ — множество взаимосвязей между ПК и ПЗ на разработанном трехмерном представлении модели для этапа концептуального моделирования по МАИТ, тогда $R^{KP-1}(n)$ отображается на него как:

$$R^{KP-1}(n) \rightarrow R_{Отн} : V_{ПКПризнак} \rightarrow V_{ПЗ}.$$

Тогда множество отношений между узлами статической и динамической структур для этапа концептуального моделирования на диаграмме может быть представлено в виде графа

$$G_{KM} = \{V_B, E_{R_{Отн}}\},$$

где $V_B = \langle V_{ПКПризнак}, V_{ПЗ} \rangle$ — множество вершин графа, включающее в себя вершины, соответствующие узлам предметных категорий типа «Признак», а также вершины, соответствующие узлам предметных зависимостей, $E_{R_{Отн}}$ — ребра графа, соответствующие функциональным отношениям между ПК типа «Признак» и предметными зависимостями.

Разработанное формальное описание развивает методы начального и концептуального моделирования и позволяет гарантировать соответствие сформированного представления моделям по МАИТ и его корректность, а также перейти к разработке методики по формированию данного представления. На основании сформулированного описания может быть разработана методика проверки корректности и интеграции моделей, создаваемых по методологии, с использованием данного представления, так как оно позволяет

использовать аналогичные оригинальным операции и действия над моделями. Также подобное описание может быть полезным при реализации поддержки данной нотации в программных модулях CASE-средств, поддер-

живающих моделирование по МАИТ, так как на его основании могут быть сформулированы основные структуры данных и алгоритмы необходимые для его построения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новоселова, О.В. Моделирование предметных задач на начальных этапах автоматизации проектной деятельности: учеб. пособие / О.В. Новоселова. — М.: ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», 2016. — 100 с.: ил. ISBN 978-5-7028-0598-6
2. Волкова, Г.Д. Методология автоматизации интеллектуального труда. / Г.Д. Волкова — М.: Янус-К, 2013. — 104 с. — ISBN 978-5-8037-0608-3
3. Волкова, Г.Д. Концептуальное моделирование предметных задач в машиностроении. / Г.Д. Волкова Учеб. пос. — М.: МГТУ «СТАНКИН», 2000 — 98с.

© Глинкин Максим Олегович (maximglin05@yandex.ru); Новоселова Ольга Вячеславовна (ol.novoselova@stankin.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НЕЙРОСЕТЕВОЙ КЛАССИФИКАТОР АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДОКУМЕНТОВ

NEURAL NETWORK CLASSIFIER FOR AUTOMATIC DOCUMENT PROCESSING SYSTEM

**A. Gorbunov
M. Kuznetsova**

Summary. Document classification plays an important role in many areas, such as information retrieval, data mining, etc., where machine learning and deep learning models can be applied. The paper deals with the features of building a neural network classifier for automatic document processing system. In the process of research the DocXClassifier model is presented, which is designed on a convolution-free neural network. The effectiveness of the model has been demonstrated by comparing it with other machine learning algorithms during the classification of scientific articles from the database «Web of Science Dataset».

Keywords: neural network, classification, document, group.

Горбунов Александр Николаевич

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

Кузнецова Марина Николаевна

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

Аннотация. Классификация документов играет важную роль во многих областях, таких как информационный поиск, интеллектуальный анализ данных и т.д., где могут применяться модели машинного и глубокого обучения. В статье рассмотрены особенности построения нейросетевого классификатора автоматической системы обработки документов. В процессе исследования представлена модель DocXClassifier, которая спроектирована на без конволюционной нейронной сети. Эффективность модели была продемонстрирована в ходе сравнения с другими алгоритмами машинного обучения при классификации научных статей из базы данных «Web of Science Dataset».

Ключевые слова: нейронная сеть, классификация, документ, группа.

Полнота и своевременность информации — жизненно важные элементы для современных организаций, будь то крупные межправительственные учреждения или небольшие предприятия. Необходимость получения документов, проверки их достоверности, внесения информации в соответствующие базы данных и т.д., занимает много времени у операторов соответствующих систем. Помимо этого, объем доступной на сегодняшний день информации стал огромным, и тенденция его роста практически экспоненциальная [1]. Такое информационное насыщение на самом деле является недостатком, поскольку традиционные системы регистрации и поиска документов начинают исчерпывать свои возможности. Использование этих систем становится все более сложным для пользователей, которые хотят получить необходимую информацию, а также для тех, кто занимается сопровождением, например, индексированием, классификацией документов и поддержкой тезаурусов. Для решения этой проблемы необходимо реализовать две ключевых задачи:

- упрощение поисковой деятельности, выполняемой неэкспертными пользователями;
- снижение затрат на обслуживание систем классификации документов [2].

В данном контексте очевидным является тот факт, что замена этапов ручной обработки документов автоматизированными системами позволит сократить время их

анализа и прохождения, а также даст возможность нивелировать влияние человеческого фактора на точность выполнения работ. Из чего следует, что решение прикладной задачи разработки автоматической системы обработки документов является достаточно актуальной в текущее время широкого внедрения электронного документооборота.

На сегодняшний день для решения этой задачи широко используются различные методы машинного обучения. Как известно, эти методы предполагают применение множества алгоритмов, которые могут очень хорошо справляться с классификацией, но наиболее действенными из них являются нейронные сети. Нейронные сети способны намного быстрее и эффективнее выполнять задачи по классификации документов, по сравнению с традиционными методами машинного обучения. В настоящее время широкое распространение получили различные типы нейронных сетей, такие как конволюционные (CNN) или рекуррентные нейронные сети (RNN). Также в некоторых работах описываются преимущества применения древовидной структуры долговременной памяти (LSTM) [3].

В последние годы глубокое обучение (DL) совершило значительный прорыв в области анализа документов, продемонстрировав исключительную производительность в ряде задач, таких как извлечение ключевой ин-

формации и анализ макетов [4]. Однако, несмотря на эти достижения, остаются две основные проблемы, которые по-прежнему препятствуют безопасному и надежному развертыванию таких систем в реальных сценариях: их неотъемлемая природа «черного ящика» и низкая устойчивость к данным, выходящим за пределы распространения.

Таким образом, вопросы создания нейронных сетей для классификации документов, которые будут простыми в использовании и в тоже время способными продемонстрировать высокую производительность классификации, формируют перспективное направление для научных исследований, что и обусловило выбор темы данной статьи.

Возможности использования самоорганизующихся карт, которые после процесса обучения создают карту пространства документа, рассматривают в своих трудах Алексеев А.А., Зуев Д.С., Катасёв А.С., Кириллов А.Е., Хасьянов А.Ф., Nijia Lu, Guohua Wu, Zhen Zhang, Yitao Zheng, Yizhi Ren.

Над решением задачи выбора подходящих методов для встраивания слов, что играет жизненно важную роль в классификации документов с использованием нейронных сетей, трудятся Кривошеев Н.А., Спицын В.Г., Семенова А.В., Курейчик В.М., Дли М.И., Булыгина О.В., Sachin Dhawan, Rashmi Gupta, Lucas L. Lima, José R. Ferreira Junior, Marcelo C. Oliveira.

Высоко оценивая имеющиеся на сегодняшний день труды и наработки, следует отметить, что в исследуемой предметной плоскости существует еще много сложных вопросов, которые требуют более углубленного анализа. Так, нерешенной остается проблема с выбором оптимального количества признаков, поскольку, если их слишком много, то это вызывает больший риск, делая систему сложной, а также увеличивает время и стоимость классификации. Отдельного внимания заслуживает задача повышения уровня точности систем классификации документов в условиях ограниченности выборки.

Таким образом, цель статьи заключается в рассмотрении особенностей разработки нейросетевого классификатора автоматической системы обработки документов.

Документы — это не что иное, как набор предложений и абзацев. Чтобы обработать эти документы, их нужно сначала преобразовать в подходящий для обработки формат. Текстовые документы — самый простой формат для чтения и обработки, поэтому первым шагом будет преобразование документа в текстовый формат, а затем извлечение текста [5]. Для создания нейросетевого классификатора предлагаем использовать конволюционную нейронную сеть, которая будет проектироваться

на базе Keras. Keras — это библиотека нейронных сетей, предоставляющая API, она входит в состав tensor flow, являющейся библиотекой с открытым исходным кодом для проектов машинного обучения.

На рисунке 1 представлена блок-схема предлагаемого классификатора.



Рис. 1. Блок-схема нейросетевого классификатора (составлено автором)

В процессе предварительной обработки и представления документов будут использоваться основные функции очистки, к которым относятся: удаление пустых слов, удаление иностранных символов, удаление знаков препинания, удаление цифр. Среди этих функций очистки целесообразным, по мнению автора, является применение функция токенизации, которая разбивает текстовый поток на слова, предложения, символы или другие значимые элементы, называемые лексемами. Также предполагается использование метода GLOVE (Global Vector for Word Representation). GLOVE — это алгоритм обучения без контроля для создания векторного представления слов. Обучение происходит на основе статистики совпадений слов из корпуса, а представление отображает линейную подструктуру слов [6].

Вектор слов передается в виде матрицы X и определяет мягкое ограничение для каждой пары:

$$w_i w_j + b_i + b_j = \log(X_{ij})$$

где i — представляет, как слова появляются в контексте слова j ; w_i — вектор для основного слова, w_j — вектор для контекста, а b_i, b_j — смещения. Функция стоимости встраивания GLOVE J представлена в виде:

$$J = \sum_{i=1}^V \sum_{j=1}^V f(X_{ij})(w_i w_j + b_i + b_j - \log X_{ij})^2$$

Вектор слов $l, l \in R^d$ и d — размерность вектора слов. Весь документ представляется как $D \in R^{nd}$ в виде матрицы, n — количество слов в документе. Предложение максимальной длины добавляется там, где это необходимо.

$$l_n = l_1 \oplus l_2 \oplus l_3 \oplus \dots \oplus l_n$$

где l_n обозначает конкатенацию слов. Свертка включает в себя поле W , которое применяется для формирования признака C . Свертка определяется как:

$$W \in R^{hd}$$

где h — количество слов, которые охватывает свертка, т.е. размер полосы. В данном случае уравнение имеет следующий вид:

$$W \times D_{j:j+h-1} = \sum_{i=j}^{j+h-1} \sum_{k=0}^{d-1} W_{i,k} D_{i,k}$$

Предположим, что y — это функция tanh, тогда y может быть представлено следующим образом:

$$y = f(W \cdot X_{i:i+h-1} + b)$$

где b — член смещения, а f — нелинейная функция.

В рамках разрабатываемой модели применяется фильтр в различных конфигурациях, чтобы получить карту признаков. Также добавляется член смещения и применяется функция активации. После свертки всего

документа формируется окончательная карта признаков C , такая, что:

$$C(W) = [C_1, C_2, C_3, \dots, C_{n+h+1}]$$

Далее модифицируем традиционную архитектуру CNN, заменив глобальное среднее объединение в ConvNeXt механизмом объединения на основе внимания, как показано на рис. 2.

Механизм объединения на основе внимания использует маркер класса запроса для объединения выходных векторов карты признаков модели в виде взвешенной суммы на основе их сходства с вектором обучаемого класса (CLS) размерности d . При этом сходство вычисляется с помощью стандартной операции внимания с масштабированным точечным продуктом:

$$Attn(Q, K, V) = softmax\left(\frac{QK^T}{\sqrt{d_k}}\right)V$$

где K, Q и V представляют матрицы запросов, ключей и значений слоя внимания, соответственно, а d_k — размерность признака k -й точки внимания.

Благодаря тому, что механизм внимания применяется только один раз, с помощью одной операции softmax, модель, по сути, присваивает важность определенным векторам признаков для каждого конкретного класса. Полученный агрегированный вектор затем добавляется к вектору CLS и обрабатывается сетью с прямой зависимостью. Наконец, для выполнения классификации используется линейная матрица.

Для оценки эффективности предложенного алгоритма было проведено экспериментальное исследование, которое заключалось в сравнении производительности классификатора DocXClassifier с другими алгоритмами машинного обучения, такими как машинный вектор поддержки (SVM), Naive Bayes, линейная классификация.

Для тестирования использовалась база данных, опубликованная в 2018 году «Web of Science Dataset», она

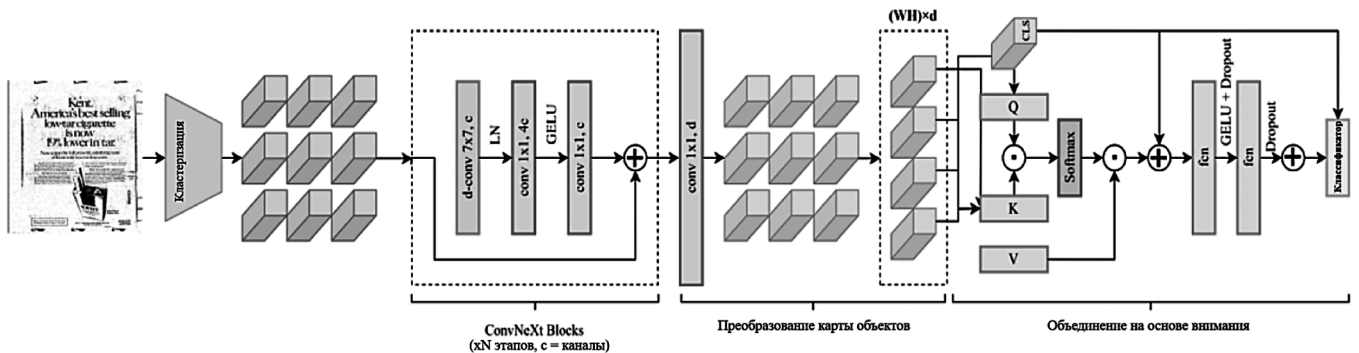


Рис. 2. Полная конфигурация предлагаемой модели DocXClassifier

состоит из 37 316 научных статей. Задача заключалась в классификации статей в разрезе семи категорий: информатика, психология, медицина, гражданские науки, физика, биохимия и компьютерное зрение. Оценка предложенного метода проводилась с помощью расчета показателя точности (Асс). Он определяется как процент правильных предсказаний. Это происходит независимо от количества классов. Его формула выглядит следующим образом:

$$\text{Асс} = \frac{\text{правильно предсказанный класс}}{\text{общее количество классов}} \times 100\%$$

В ходе эксперимента сравнивалась точность алгоритмов между собой в зависимости от типа предварительной обработки, затем были выбраны среди них результаты с наилучшей точностью. Полученные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Точность классификации документов при использовании различных алгоритмов¹

Алгоритм	Тип предварительной обработки			
	CV	WL TF-IDF	NL TF-IDF	CTF-IDF
Naive Bayes	73 %	48 %	66 %	62 %
SVM	48,4 %	48,44 %	50 %	49 %
Линейная классификация	79 %	74 %	69 %	72 %
DocXClassifier	75 %	82 %	70 %	69 %

¹ CV: Счетные векторы

WL TF-IDF: Векторы TF-IDF на уровне слов

NL TF-IDF: Векторы TF-IDF уровня N-грамм

CTF-IDF: TF-IDF-векторы уровня символов

Таблица 1 наглядно показывает, что скорость классификации алгоритмов варьируется в зависимости от используемой предварительной обработки и выбранной архитектуры. Так, для алгоритма DocXClassifier наивысший показатель близкий к 82 % был получен при использовании WL TF-IDF, для алгоритма SVM с предварительной обработкой NL TF-IDF — 50 %, для алгоритма линейной регрессии с предварительной обработкой CV — 79 %, а для алгоритма NB с предварительной обработкой CV — 73 %.

Подводя итоги, отметим, что предложенная в статье модель нейросетевого классификатора DocXClassifier обладает способностью эффективно генерировать карты важности признаков во время тестирования и позволяет получить высокую точность классификации документов (82 %), по сравнению с другими алгоритмами. Модель может быть улучшена с помощью различных предварительно обученных встроенных слов, а также добавления новых категорий группировки, чтобы увеличить область классификации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жалыбин А.А., Маликов А.В. Текстовая классификация документов на основе текстовой сегментации // Перспективы науки. 2021. № 4 (139). С. 187–192.
2. Бартедьев О.В. Оценка эффективности методов токенизации текста // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. 2023. № 6. С. 144–156.
3. Weizhong Zhao, Dandan Fang An effective framework for semistructured document classification via hierarchical attention model // International Journal of Intelligent Systems. 2021. Volume 36, Issue 9. P. 45–49.
4. Кривошеев Н.А. Методы машинного обучения для классификации текстовой информации // Труды Международной конференции по компьютерной графике и зрению «Графикон». 2019. № 29. С. 266–269.
5. Shaobin Huang, Jingyun Sun NeuralConflict: Using neural networks to identify norm conflicts in normative documents // Expert Systems. 2022. Volume 41, Issue 6. P. 78–83.
6. Sheenam Malhotra, Williamjeet Singh A secure neural network-based ranking approach for document searching in cloud data center // Software: Practice and Experience. 2022. Volume 52, Issue 9. P. 76–83.

© Горбунов Александр Николаевич (a.gorbunov@click-group.ru); Кузнецова Марина Николаевна (marina_kuzn82@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

УМНЫЙ ГОРОД: ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

SMART CITY: DIGITAL ECONOMY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

**N. Grudanov
A. Grudanova
V. Zorichev**

Summary. This article is devoted to the study of the best practices for the implementation and management of the «smart city» concept. It is worth noting that the concept of a «smart city» is heterogeneous: it includes diverse structural components that may exist separately, but collectively increase their effectiveness due to the systemic effect. The concept is based on information and telecommunication technologies that increase the efficiency of government and facilitate interaction with society to solve urgent problems of the urban environment and improve the standard of living of urban residents. The management practice of implementing the smart city concept in Russia shows that this system is imperfect at the city level: there is a lack of key strategic planning documents and a transparent system of distribution of powers between public authorities. Based on the analysis of international experience, the main standards and ratings of «smart cities» were determined. As part of the study of international ratings, the best practices for managing the implementation of the concept of «smart cities» were highlighted.

Keywords: «Smart City», ratings of «smart cities», implementation of the «Smart City» concept, digitalization of urban space, smart infrastructure.

Груданов Николай Алексеевич

Аспирант, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
grudanov.nikolay@outlook.com

Груданова Анна Алексеевна

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
grudanova.an@yandex.ru

Зоричев Виталий Витальевич

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
vzorichev@yandex.ru

Аннотация. Данная статья посвящена изучению лучших практик внедрения и управления концепцией «умный город». Стоит отметить, что концепция «умного города» неоднородна: она включает в себя разноплановые структурные компоненты, которые могут существовать и обособленно, однако в совокупности увеличивают свою эффективность благодаря системному эффекту. Основой концепции являются информационно-телекоммуникационные технологии, которые повышают эффективность работы органов власти и облегчают взаимодействие с обществом для решения актуальных проблем городской среды и повышения уровня жизни жителей городов. Управленческая практика внедрения концепции «умный город» в России показывает, что на уровне городов данная система несовершенна: наблюдается отсутствие ключевых документов стратегического планирования и прозрачной системы распределения полномочий между органами государственной власти. На основе анализа международного опыта были определены основные стандарты и рейтинги «умных городов». В рамках исследования международных рейтингов были выделены лучшие практики управления внедрением концепции «умных городов».

Ключевые слова: «Умный город», рейтинги «умных городов», внедрение концепции «Умный город», цифровизация городского пространства, умная инфраструктура.

Введение

Международный опыт показывает, что цифровая трансформация экономики выдвигает новые требования к поиску эффективных решений по функционированию и развитию городов. Все это обуславливает необходимость разработки стратегии развития современной городской среды на базе частей умного города. Последнее представляет собой инновационное пространство, в котором информационно-коммуникационные технологии (далее — ИКТ) и технические устройства, обеспечивающие снятие, обработку и получение информации, используются для повышения качества жизни жителей, эффективного функционирования городских систем и предоставления услуг, удовлетворяя сегодняшние потребности и не оказывающие

негативное влияние на экономические, социальные и экологические составляющие города.

Современные информационные технологии умного города реализуют переход к жилому пространству, которое управляется данными, являющимися результатом цифровой трансформации экономики и распространения интернета. Это значит, что в умном городе присутствует не только интеллектуализация, но и цифровизация городского хозяйства. В настоящее время комплексный сценарий интеллектуализации и цифровой трансформации для российских городов не сформирован. Все это сдерживает разработку эффективных методов создания умных городов в нашей стране.

Цифровизация городского пространства приносит пользу не только большим городам с развитой инфра-

структурой, чьи жители имеют большое количество цифровых компетенций, но и малым городам, которых на территории Российской Федерации большинство. Большие города традиционно обладают не только значительным экономическим потенциалом, но и имеют опыт масштабных проектов в сфере цифровизации, больше возможностей для привлечения инвестиций и т.д. В то же время, органы местного самоуправления малых городов и сельских поселений не только ощущают нехватку финансовых возможностей, но и вынуждены решать инфраструктурные проблемы, самостоятельно готовить или привлекать кадры, способные обслуживать высокотехнологичное оборудование, а также прививать местным жителям набор необходимых цифровых компетенций. Однако сегодня в мире наработан ряд позитивных практик, которые могут быть использованы при решении вопросов развития «умных городов» в Российской Федерации.

Цель исследования

Целью статьи является исследование проблем формирования умных городов и разработка системного подхода к решению задач интеллектуализации и цифровой трансформации городов Российской Федерации, а также исследование положительного зарубежного опыта развития «умных городов» и определение возможностей имплементации лучших практик в системе цифровизации городской среды в нашей стране.

Материал и методы исследования

Проникновение цифровизации во все сферы повседневной деятельности человека, происходящее в общемировом масштабе, позволяет говорить о цифровой трансформации всех отраслей производства, жизни социума и о формировании цифрового общества. Заметим, что понятие «цифровизация» встречается в нормативно-правовых актах только с точки зрения отражения ее технической составляющей и понимается как переход с аналоговой формы передачи информации на цифровую. Сегодня термин «цифровизация» используется в узком и широком смысле. Под цифровизацией в узком смысле понимается превращение информации в цифровую форму, что в большинстве случаев приводит к снижению издержек, появлению новых возможностей и т.п.

Согласно докладу Международного Союза Электросвязи, в настоящее время почти все население мира проживает в зоне приема сигнала сети подвижной сотовой связи. Кроме того, большинство жителей планеты могут получить доступ к интернету через сети 4G или сети высшего качества. Вместе с тем такое развитие сетей связи идет тем быстрее, чем быстрее происходит рост доли населения, использующего интернет.

По прогнозам ООН, в середине XXI века, более 68 % населения мира будут жить в городах. Переход от преимущественно сельских к преимущественно городским поселениям, по прогнозам, продолжится в течение нескольких следующих десятилетий. В свете стремительной урбанизации эффективное управление городским хозяйством становится одной из ключевых задач в области устойчивого развития — особенно когда речь идет о расселении жителей трущоб, обеспечении их работой, медицинским обслуживанием и образованием. Общественный транспорт, безопасность, энергетика, доступное жилье, чистота воздуха — всем этим занимаются в городском хозяйстве, что является сложным механизмом, требующим больших затрат. Многие развивающиеся страны столкнутся с большим количеством проблем, связанных с высокими темпами урбанизации. В ООН предлагают решать их сообща, делиться опытом и готовиться к переменам [1].

Термин «умный город» можно трактовать по-разному. Но в любой трактовке он должен быть представлен как высокоинтеллектуальное интегрированное пространство, характеризующееся сочетанием технологий, стимулирующих развитие интеграции социальной среды и предпринимательства [2]. Осуществляемая цифровая трансформация секторов и формирование полностью интегрированной интеллектуальной инфраструктуры города позволяет в режиме реального времени осуществлять сбор и анализ данных и реализовывать управление всеми процессами деятельности городских служб при участии жителей города.

Концепция умного города представляет собой интеграцию информационных и информационно-коммуникационных технологий, Интернета и «Интернета вещей» для управления городским хозяйством, включая городские информационные системы, системы управления транспортом, энергосистемами, коммунальными службами и другими публичными службами. Интернет вещей — это техническая концепция вычислительной сети физических предметов (вещей), оборудованных встроенными технологиями для взаимодействия их с внешней средой; такие сети рассматриваются как явление, способное перестроить экономические и общественные процессы. При этом участие человека в этих процессах полностью или частично исключается [3].

Концепция умного города, основанная на создании или модернизации информационных технологий, позволяет объединить датчики, источники освещения и счетчики, которые улучшают качество услуг, а также видеокамеры, сенсоры и системы мониторинга, обеспечивающие соответствующей информацией системы и органы, отвечающие за безопасность.

Умный город, по своей задумке, является городом будущего, который изменит жизненные стандарты, облег-

чит повседневную жизнь. жизнь населения и позволит значительно сэкономить время.

В условиях формирования цифровой экономики сценарий цифровой трансформации для умного города начинается с перестройки управления и интеллектуализации путем таких преобразований, как: изменение бизнес моделей и способа создания новых активов в секторах городского хозяйства; обеспечение новыми инструментами для повышения эффективности активов; привлечение новых источников финансирования для технологического совершенствования информационных технологий и информационно-коммуникационных систем.

Тема развития городов, а также связанные с ней новые знания и исследования являются широким информационным пространством. Города изучаются по разным параметрам, в разных аспектах; постоянно предпринимаются попытки их концептуализировать, ранжировать и классифицировать. Тем не менее, при большом количестве современных методик и подходов в изучении этой сферы есть определенные пробелы. В 21 столетии город представляет собой самую сложную турбулентную систему, развитию которой свойственна высокая степень неопределенности, что усложняет глубокий и всесторонний анализ ее структуры.

Эксперты все чаще рассматривают крупные города как сложно сконструированные системы с огромным количеством переплетенных и неисследованных зон и взаимосвязей, которые в принципе трудно выявляемы [4]. Городам по их природе свойственна высокая степень непрозрачности, что затрудняет идентификацию тех или иных процессов. Несмотря на наличие современного аналитического инструментария, включающего сложные и постоянно совершенствующиеся математические и аналитические модели, анализом охвачены преимущественно длительные процессы, лежащие «на поверхности» и носящие массовый характер.

Экономическая теория рассматривает город как систему производства и потребления товаров и услуг. Город — центр экономической активности, концентрирующий функции производства товаров и услуг, их потребления, обмена, распределения. Таким образом, с позиции экономики город — это, прежде всего, местоположение бизнеса и совокупность рынков с факторами производства [5]

Цифровизация городской среды, должна представлять собой процесс внедрения систем информатизации в хозяйственную деятельность города и использования информационных технологий для повышения качества управления городскими ресурсами, повышения эффективности деятельности государственных и муниципаль-

ных служб в городах, повышения конкурентоспособности городов, при ориентации инновационного развития на человека. Основной целью цифровизации городской среды является ее развитие, повышение эффективности деятельности людей в его пределах, а также развитие и привлечение конкурентоспособного человеческого капитала. Таким образом, для эффективной деятельности в сфере цифровизации городской среды необходимо оценить экономическую эффективность коммерческой деятельности территорий, уровень бюджетной обеспеченности, опыт внедрения аналогичных проектов. Не менее важна информационно-телекоммуникационная инфраструктура, выбранная для проведения цифровизации территории для последующей реализации концепции «Умного города».

Сама по себе концепция «Умного города» неоднородна, она включает в себя разноплановые структурные компоненты, которые могут существовать и обособленно, однако в совокупности увеличивают свою эффективность благодаря системному эффекту. Основой концепции являются информационно-телекоммуникационные технологии, которые повышают эффективность работы органов власти и облегчают взаимодействие с обществом для решения актуальных проблем городской среды и повышения уровня жизни жителей города. Среди составляющих умного города наиболее значимы развитая городская инфраструктура, масштабное использование информационно-телекоммуникационных технологий и инноваций, ориентация на формирование и использование новых знаний, снижение экологической нагрузки на территорию.

При этом объединяющим условием функционирования структурных компонентов являются процессы цифровизации пространства современного города. Важно иметь прогрессивную, современную институциональную среду, развитую инфраструктуру, включая информационно-телекоммуникационные технологии, инфраструктуру и обеспечить ее готовность к инновациям, мониторингу, сбору данных, их обработке, принятию решений в управлении. Необходимо наличие развитой системы управления городами с умными пользователями, высокая степень готовности системы управления к изменениям, обеспечивающая потребление услуг в условиях их цифровизации, а также стимулирование ее развития.

Таким образом, идеальная модель «Умного города» должна основываться на следующих характеристиках:

- умная экономика, обеспечивающая продуктивность производств, новые продукты, сервисы и бизнес модели; международное сотрудничество;
- умная мобильность, основанная на интегрированных транспортных системах и новых экологических видах транспорта;

- умная среда обитания, предполагающая экономию ресурсов, энергоэффективность, использование энергии из возобновляемых источников, защита окружающей среды;
- умный образ жизни, обеспечиваемый удобной планировкой города, грамотным потреблением услуг, социальным взаимодействием и здоровым образом жизни его жителей;
- умное управление, основанное на «умных» сервисах, open data, привлечении граждан к принятию управленческих решений [6].

Результатом этих серьезных объективно необходимых преобразований станет привлекательный для жизни «умный город», интегрированный в межрегиональную и международную интеллектуальную сеть, способный максимально эффективно использовать доступный ему территориальный и ресурсный потенциал. Наиболее благоприятными условиями для внедрения элементов концепции «умного города» обладают крупные города, финансовые и промышленные центры своих стран. Несмотря на то, что города с небольшим количеством жителей и сельские поселения, за счет компактности, выигрывают у больших городов в стоимости создания необходимой инфраструктуры, они нередко испытывают дефицит квалифицированных кадров, проблемы с занятостью населения, а также не имеют достаточной бюджетной обеспеченности и опыта привлечения внешних инвестиций из коммерческого сектора в подобные проекты.

Альтернативными моделями умных городов в зависимости от количества населения в них представляются:

- децентрализованная модель, которая применима для городов с многомиллионным населением, где могут осуществляться цифровые трансформации с участием большого количества бизнес-структур в условиях значительную емкость рынка для внедрения технологий умного города;
- централизованная модель для больших и средних городов с достаточным объемом потенциального рынка для внедрения технологий по ограниченным ресурсам;
- модель локальных действий, применяемая к средним и малым городам, где в условиях недостаточности ресурсов цифровая трансформация происходит в отдельных проблемных инфраструктурных секторах или сферах городской экономики.

Основатель Всемирного экономического форума Клауса Шваб в своем труде «Четвертая промышленная революция» утверждает, что в настоящее время человечество стоит на пороге новой революции, характеризующейся стремительным развитием инновационных технологий, которые все больше и глубже проникают

в нашу жизнь. Все сферы жизнедеятельности общества преобразуются в цифровой формат. Согласно исследованию, проведенному экспертным советом Всемирного экономического форума, сегодня выделяется 21 глубинное технологическое изменение — то есть те переломные моменты, которые должны произойти в различных цифровых трансформациях. Одним из таких изменений является концепция «Умный город» [7].

Использование данной концепции дает возможность оперативного решения ряда проблем, таких как рост численности городского населения, старение населения, изменение климата, а также решение инфраструктурных и коммунальных проблем.

Внедрение концепции «умный город» в ведущих городах мира началось на несколько лет раньше, чем в России, в связи с чем на международном уровне уже долгое время эффективно функционируют системы стандартизации и оценки лучших практик внедрения данной концепции. Ведущие позиции в основных международных рейтингах умных городов свидетельствуют об эффективности систем управления процессами цифровизации города. Сегодня существует пять основных и наиболее авторитетных мировых рейтингов «умных городов»:

1. «Рейтинг, составленный шведской компанией «Easypark», являющийся крупным разработчиком технологий для «умных» парковок. Основные критерии оценки городов: наличие скоростного интернета, распространение сетей 4G/LTE, общественного Wi-Fi, снабжение экологически чистой энергии, наличие «умных» парковок, сервисов каршеринга, «умных» домов, высокая активность населения, благоприятная среда для предпринимателей» [8];
2. «Cities in motion» рейтинг, составленный бизнес-школой IESE (г. Наварра, Испания). Города оцениваются по следующим факторам: человеческий капитал, социальная сплоченность, экономика, состояние окружающей среды, управление, градостроительство, международные связи, технологии, мобильность и транспортные сети [6];
3. «Рейтинг «умных городов», составленный компанией Juniper Research, занимающейся консалтингом в области цифровых технологий, учитывает в основном интеллектуальную систему управления городами: энергоэффективность, управление системой логистики и трафиком, использование IT-сервисов при предоставлении государственных услуг и государственном управлении, оборудование зданий единой сетью управления через информационные и инженерные системы [8];
4. «IMD Smart City Index» — рейтинг, составленный международным университетом Управленческого Развития (г. Лозанна, Швейцария). В этом рей-

тинге, прежде всего, оценивается мнение жителей города по вопросам, связанным с подходами к применению технологий, доступных в городе [7];

- «Globalcities index», составленный ведущей американской компанией в области управленческого консалтинга «AT Kearney». Учитываются 5 основных показателей: уровень деловой активности, человеческий капитал, информационный обмен, уровень культурного развития, роль города на политической арене [8]; позиции ведущих мировых городов в указанных выше рейтингах представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Позиции ведущих городов планеты в рейтингах «Умных городов»

Город	Рейтинг «Easypark»	«Cities in motion»	Рейтинг «Juniper Research»	«IMD Smart city index»	«Global cities index»
Копенгаген	4	9	–	5	–
Осло	1	14	–	3	–
Амстердам	3	3	–	11	4
Сингапур	9	7	1	1	9
Лондон	20	1	2	20	2
Париж	38	4	–	51	3
Нью-Йорк	23	2	3	38	1
Лос-Анджелес	18	16	–	35	6
Токио	54	6	8	62	4

На основании таблицы 1 можно выделить 4 города, вышедших в лидеры по параметрам всех рейтингов: Копенгаген, Осло, Амстердам, Сингапур, Лондон. Это говорит об эффективности внедрения технологий «умного города» и положительном эффекте от внедрения таких технологий, поскольку эти города смогли занять более высокие позиции в рейтингах, составленных разными компаниями на основании разных критериев.

Результаты исследования и их обсуждение

Подводя итоги проведенного исследования и обобщая опыт самых прогрессивных городов, можно сформулировать следующие рекомендации:

- функционирование экономической системы «умного города» должно строиться на принципах эффективности и целеполагания, а также фокусироваться на тщательной разработке и официальном принятии местной стратегии развития «умного города». Без принятия этого документа финансирование и реализация «умных» решений могут оказаться стратегически неверными действиями. Утверждение соответствующих документов стратегического планирования позволяет спланиро-

вать соответствующий объем расходов городского бюджета на внедрение умных технологий. Рекомендуется выделить достаточный объем ресурсов для внедрения критически важных «умных решений» и дальнейшую их интеграцию между собой.

- для городского управления крайне важно участие граждан в принятии ключевых решений. Для этого власти могут использовать возможности социальных сетей или специализированных цифровых платформ и государственных, например, «Госслуги». Решение существующих проблем и устранение недостатков в системах управления городами, преодоление административных барьеров, межрегиональный обмен опытом и привлечение специалистов по внедрению инновационных технологий, а также инициативность, активное участие органов власти и контроль с их стороны — все эти меры должны задать правильный вектор инновационного развития регионов и построения эффективной системы управления «умными городами». Кроме того, сегодня существует множество примеров эффективных практик управления реализацией проектов цифровизации городов в мире. Каждый проект по-своему уникален и отражает, как технологические инновации используются властями для оперативного решения проблем, возникающих в городе, и удовлетворения запросов и потребностей населения, однако одним из важнейших факторов успеха реализации проектов по цифровизации по-прежнему остается социальная направленность и активное вовлечение граждан в принятие ключевых решений.

Заключение

Анализ зарубежного опыта и различных теоретических концепций, описывающих концепцию, модели, технологии, платформы и стандарты умного города, показал, что применение современных информационно-коммуникационных технологий является неотъемлемой и главной чертой его формирования. Рассмотренные технологии является не только главной чертой умного города, но и направлены на улучшение качества жизни населения, повышение эффективности и доступности городских сервисов, повышение уровня безопасности и защиты окружающей среды, развитие социально-экономической системы города. Концепция умного города в сфере жилищно-коммунального хозяйства обеспечивают надежность и безопасность соответствующих городских систем и эффективность использования ресурсов. Интеллектуальные технологии применяют для повышения комфортности домов, для придания им экономичности, экологичности, энергоэффективности и других свойств. В то же время переход к модели умных

городов в России ограничивается отсутствием технической базы для создания платформ информационных технологий. Не разработана дорожная карта цифровой трансформации национальной экономики. Поэтому основными препятствиями на пути цифровой трансформации городов в России являются барьеры для развития новых технологических решений из-за нерешенных проблем в области стандартизации новых технологий; работы с большими данными.

Большой интерес для дальнейших научных исследований составляет статистическое исследование функционирования умных городов, в частности сбор и применение крупных данных для этой цели, а также имплементация в реалии отечественной экономики зарубежного опыта по правовым, социальным, технологическим и образовательным аспектам.

Таким образом, перспектива управленческой практики внедрения концепции «умный город» в России показывает, что на уровне городов система несовершенна (точнее отсутствует), наблюдается отсутствие ключевых документов стратегического планирования и идентификации субъектов реализации управленческих решений в сфере цифровизации городского пространства. Это говорит о необходимости усовершенствования и доработки механизмов определения возможностей городов по смартизации городского хозяйства и внедрению цифровых инноваций. На основе анализа международного опыта можно определить основные стандарты и рейтинги «умных городов». В рамках исследования международных рейтингов были выделены лучшие примеры управления внедрением концепции «умных городов» в мире, а также были идентифицированы основные направления оценки городов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет ООН «2021 Анализ мировых урбанизационных проектов». [Электронный ресурс] URL: <https://www.un.org/development/desa/publications/2021-revision-of-world-urbanization-prospects.html>. URL: <https://esj.today/PDF/23NZVN118.pdf> (дата обращения: 20.05.2024).
2. Зараменских Е.П., Артемьев И.Е. Интернет вещей. Исследование и область применения: монография. Москва: ИНФРА-М, 2018. 188 с. [Электронный ресурс] URL: <https://znanium.com/catalog/product/959279>. (дата обращения: 20.05.2024).
3. Груданов Николай Алексеевич, Груданова Анна Алексеевна ОБЗОР ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ // StudNet. 2021. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-instrumentalnyh-sredstv-dlya-imitatsionnogo-modelirovaniya> (дата обращения: 24.05.2024).
4. Greenfield A. Against the Smart City [Электронный ресурс] URL: http://www.academia.edu/6732875/Emerging_Markets_and_8Digital_Economy_Building_Trust_in_the_Virtual_World_032 (дата обращения: 20.05.2024).
5. Smart cities index [Электронный ресурс] URL: <https://www.easyparkgroup.com/smart-cities-index> (дата обращения: 20.05.2024).
6. IESE Cities in motion index [Электронный ресурс] URL: <https://media.iese.edu/research/pdfs/ST-0509-E.pdf> (дата обращения: 20.05.2024).
7. IMD Smart City Index [Электронный ресурс]. URL: <https://www.imd.org/research-knowledge/reports/imd-smart-city-index-2019> (дата обращения 20.05.2024).
8. Global Cities Report. [Электронный ресурс] URL: <https://www.kearney.com/global—cities/2019> (дата обращения 20.05.2024).

© Груданов Николай Алексеевич (grudanov.nikolay@outlook.com); Груданова Анна Алексеевна (grudanova.an@yandex.ru); Зоричев Виталий Витальевич (vvzorichev@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЯ В РЕГИОНЕ

DEVELOPMENT OF DATA PROCESSING METHOD FOR MODELING AND FORECASTING GAS CONSUMPTION IN THE REGION

R. Guriev
A. Dzgoev
S. Karatsev

Summary. Development of methods for forecasting the aggregate monthly demand for consumer gas in the region. Modeling and forecasting of future gas consumption using the method of least squares and classical correlation and regression analysis is carried out. In the course of the study, factors affecting the monthly demand for natural gas were identified. Eight regression models have been developed: linear and nonlinear equations of the second degree. The analysis of independent variables for intercorrelation and the analysis of the dependent variable for autocorrelation is carried out. The criteria of adequacy and quality of models are calculated. An assessment of adequacy by Fischer's F-criterion was carried out. The significance estimates for the main regression coefficients are determined: Correlation coefficient $\text{corr}(Y, YR)$; Coefficient of determination R^2 and R^2 adjusted; Standard error (MSE); Average modeling error (MAPE). New useful adequate regression models have been identified, on the basis of which forecast estimates of gas consumption are calculated 30 % ahead of the initial data.

Keywords: small data sample, regression model, least squares method.

Гуриев Руслан Махарбекович

Аспирант, ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)»
ruslan.guriev@mail.ru

Дзгоев Алан Эдуардович

кандидат технических наук, доцент, Российский технологический университет (РТУ МИРЭА)
Dzgoev_Alan@mail.ru

Карацев Станислав Таймуразович

Магистрант, ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)»
skaratsev@gmail.com

Аннотация. Разработан метод прогнозирования совокупного месячного спроса потребительского газа в регионе. Проведено моделирование и прогнозирование предстоящего газопотребления, используя классический корреляционно-регрессионный анализ и метод наименьших квадратов. В процессе исследования, выявлены факторы, влияющие на ежемесячный спрос природного газа. Разработаны регрессионные модели: линейные и нелинейные уравнения второй степени. Проведен анализ независимых переменных на интеркорреляцию и анализ зависимой переменной на автокорреляцию. Рассчитаны критерии адекватности и качества моделей: проведена проверка адекватности моделей по F-критерию Фишера-Снедекора; проверена значимость коэффициентов регрессии с помощью t-критерия Стьюдента; вычислен коэффициент корреляции значений зависимой переменной Y и расчетным значением зависимой переменной YR; проведен расчет коэффициента детерминации и скорректированного коэффициента детерминации; рассчитана среднеквадратическая ошибка и средняя абсолютная процентная ошибка и относительная ошибка прогнозирования. Рассчитаны актуальные полезные регрессионные модели, на основе которых вычислены прогнозные оценки расходов газа на 30 % вперед от исходных имеющихся данных.

Ключевые слова: прогнозирование потребления газа, малая выборка данных, обработка и анализ данных, метод наименьших квадратов.

Введение

Организация бесперебойной работы газораспределительных сетей, важнейшая задача диспетчерского управления, так как от правильно выстроенной системы газоснабжения зависят все сферы жизнедеятельности общества. Для экономичной и безопасной работы газотранспортной системы необходимо с высокой степенью точности предвидеть потребительский объем газа.

Потребительский рынок принято делить на четыре категории: бытовой (жилой) спрос, коммерческий спрос, промышленный и электроэнергетический. У каждой категории потребителей уникальные характеристики спроса — это и отопление помещений, и приготовление пищевых продуктов, нагрев воды или сушка в промышленных предприятиях, а также выработка электроэнергии. Предсказать поведение потребителя, изучив факторы, влияющие на потребление газа, есть основная задача эффективного управления газоснабжения.

Газопотребление процесс случайный, нестабильный, включающий в себя полиномиальные, полигармонические и стохастические тренды, определенные воздействием следующих ключевых факторов: организационных, хронологических и метеорологических. В этом и заключается проблема прогнозирования газа в регионе [1].

Проверка исходных данных на стационарность с помощью расширенного критерия Дики-Фуллера, применяя поправку Бонферрони [Bonferroni, C. E., *Teoria statistica delle classi e calcolo delle probabilità, Pubblicazioni del R Istituto Superiore di Scienze Economiche e Commerciali di Firenze 1936*]

[Dickey D. A. and Fuller W. A. *Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root // Journal of the American Statistical Association.* — 74. — 1979. — p. 427–431]

Описание проверки и расчета

Было проверено 3 основных версии критерия Дики-Фуллера:

- 1. С константой, но без тренда:

$$\Delta y_t = b_0 + b \cdot y_{t-1} + \varepsilon_t$$

- 2. С константой и линейным трендом:

$$\Delta y_t = b_0 + b_1 \cdot t + b \cdot y_{t-1} + \varepsilon_t$$

- 3. С константой, линейным и квадратичным трендом:

$$\Delta y_t = (a_1 + a_2 - 1)y_{t-1} - a_2 \Delta y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Для того чтобы не получить ошибки первого рода при проверке на стационарность необходимо сделать поправку Бонферрони.

$$\alpha_{adjusted} = \frac{\alpha}{m} \tag{1}$$

где α — уровень значимости;

m — количество проверяемых гипотез;

$\alpha_{adjusted}$ — скорректированный уровень значимости.

Выбрав $\alpha = 0.01$ и применив поправку Бонферрони, получим $\alpha_{adj} = 0.003$ (так как будут проверены 3 гипотезы). Были получены р-значения:

- 1.104e-12 для константной модели;
- 3.681e-06 для модели с константой и линейным трендом;
- 2.83e-05 для модели с константой, линейным и квадратичным трендом.

Так как р-значения меньше $\alpha_{adjusted}$, с 99-% вероятностью можно утверждать, что ряд является стационарным.

Вывод: в результате проведенных расчетов нулевая гипотеза отклонена, следовательно временной ряд с исходными данными стационарен. Авторы статьи пришли к выводу, что имеющиеся фактические данные о потреблении природного газа возможно обрабатывать методом наименьших квадратов, и использовать в качестве критерия оценки адекватности разработанных математических моделей F-критерия Фишера и Снедекора, а также критерий Стьюдента.

Факторы, влияющие на ежемесячный спрос природного газа

Наиболее значимым фактором является температура окружающей среды, так как большая часть газа используется для отопления помещений.

Выпадение осадков также влияет на потребление газа, так как в дождливые дни спрос увеличивается. Для регионов с сильными ветрами актуальным является учитывать фактор ветра, так как в эти дни здания теряют больше тепла [2]. В дни праздников и выходных, как правило, уменьшается газопотребление, поэтому в качестве фактора стоит учитывать количество выходных и праздничных дней в месяце.

Также к числу факторов можно отнести спрос предыдущего месяца и спрос текущего месяца годом ранее. Так как, наблюдаются сезонные проявления повышенной или пониженной активности потребления. Скажем, в аграрных районах значительная часть предприятий повышает спрос в определенные месяцы при сборе и дальнейшей обработке урожая. Но все же, большинство факторов, изменяющих спрос на газ, менее предсказуемы.

Методика исследования

Методом наименьших квадратов (МНК) или Ordinary Least Squares (OLS), называют способ нахождения величины показателей оптимальной прямой по средствам уменьшения суммы квадратов отклонений, а рассчитанные параметры называются МНК или OLS-оценками [3, 4, 5].

Задача состоит в том, чтобы выявить коэффициенты линейной и нелинейной зависимостей, при которых расчетное значение зависимой переменной (прогноз) будет минимально отклонено от фактического значения зависимой переменной.

Статистические связи между переменными можно изучать методами корреляционного и регрессионного анализа. Задача регрессионного анализа состоит в том, чтобы установить форму и изучить отношения (зависимость) между переменными. Цель корреляционного

анализа — установление связи между случайными переменными и определение ее тесноты [6, 7].

«Множественная регрессия» это понятие определяется тем, что исследуется связь результирующей переменной (Y) от состава предикторных переменных (X).

Регрессионный анализ эффективен тем, что анализ отношений между переменными способствует выявлению всевозможных взаимосвязей. Предугадать значения выходной (Y) по значениям входных переменных (X), что поможет установить параметр для выходной переменной (Y).

Для исследования, взяты реальные экспериментальные показатели среднемесячного газопотребления в регионе (тыс. м³) за два года.

Вычисления проведены с помощью программного продукта MathCad 14.

Входные данные зачастую отличаются отсутствием полнотой сведений: статистически значимых факторов, закона ранжирования моделируемого критерия, устройства мультифакториальной модели. Исследуемая задача по разработке регрессионных моделей и прогнозированию, принадлежит к типу обратных задач: воссоздать воздействие факторов, как главных эффектов и взаимодействий эффектов, по рассчитанным результатам [8].

Процесс и итоги исследования

В ходе исследования, было разработано восемь регрессионных моделей — линейные и нелинейные уравнения, из которых составлен сет математических моделей-кандидатов.

При проверке автокорреляции во временном ряду с использованием «метода Дарбина-Уотсона» количество эмпирических исследований должно составлять не менее пятнадцати. Сезонное изменение данных при высоком спросе на газ в холодные месяцы года и меньшем в теплые месяцы четко отражено на графике потребления газа (рис. 1). Повысим число статистических исследований до тридцати пяти месяцев (N = 35), чтобы свести к минимуму ошибки прогнозирования.

Первоочередная задача заключалась в выявлении и определении как можно большего числа факторов, влияющих на целевую переменную. Но включение всех имеющихся факторов в модель может быть нецелесообразным, так как они могут быть малозначимыми или незначимыми. Необходимо произвести выборку базовых факторов, находящихся в корреляционной взаимосвязи с результативным признаком [9].

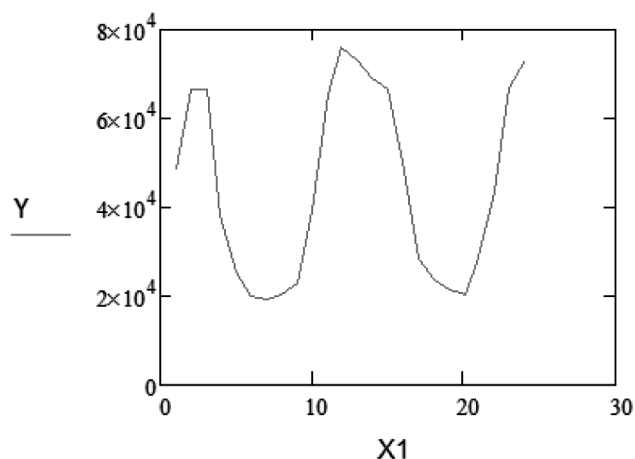


Рис. 1. График зависимости Y (потребление газа) от X1 (время, месяц)

- N — количество экспериментов (время, месяц);
- k — количество коэффициентов регрессии в уравнении, включая свободный член; B0.
- X — матрица независимых переменных (значения факторов);
- Y — вектор столбец зависимой переменной (расход газа).

В самом начале исследования были использованы следующие независимые переменные: X0 — фиктивная переменная (для установления свободного члена в уравнении регрессии B0); X1 — время, месяц; X2 — среднемесячная температура воздуха, K (Кельвин); X3 — количество дней в месяце с осадками; X4 — количество выходных и праздничных дней; X5 — спрос предыдущего месяца; X6 — спрос текущего месяца годом ранее.

Математические модели, в которых имеется корреляция между независимыми переменными, менее соответствуют задачам прогноза, несмотря на то, что гипотетически они, конечно, способны быть адекватными. Следовательно, рекомендуется из тех пар переменных, которые имеют корреляционную связь, убрать переменные, с наименьшей связью к зависимой переменной.

Значимость коэффициента корреляции (r) необходимо обосновать через t-критерий Стьюдента по следующим формулам (1, 2, 3):

$$tr := |r| \cdot \sqrt{\frac{N - k}{1 - r^2}} \quad (1)$$

$$tr = 13.942$$

$$t := qt(0.975, N - k) \quad (2)$$

$$t = 2.11$$

$$rcr := \sqrt{\frac{t^2}{t^2 + N - k}} \quad (3)$$

$$rcr = 0.456$$

где tr — расчетное значение t -критерия; t — табличное значение t -критерия; rcr — критическое значение t -критерия; N — число данных; r^2 — коэффициент корреляции в квадрате.

Все значения коэффициентов корреляции по модулю необходимо сравнить с критическим значением коэффициента корреляции rcr (0,404).

Было выявлено, что значения коэффициентов корреляции: $corr(X2, X6)$, $corr(X2, X5)$, $corr(X5, X6)$, больше чем критическое значение rcr (0.404). Коэффициенты корреляции $corr(X2, X6)$ и $corr(X2, X5)$ имеют самые высокие значения, следовательно, между выявленными независимыми переменными имеется тесная связь. Необходимо удалить из рассмотрения тот фактор, у которого связь с Y имеет меньшую величину. Значения коэффициентов корреляции взаимосвязи отобранных факторов $X2, X5, X6$ с зависимой переменной Y составили $corr(x2, Y) = -0.928$; $corr(x5, Y) = 0.778$; $corr(x6, Y) = 0.904$. Таким образом, решено было удалить факторы $X5$ и $X6$ из рассмотрения, так как они имеют меньшее значение коэффициента корреляции, а также при проверке коэффициентов модели на статистическую значимость они оказались незначимыми. Доказывает решение авторов также, тот факт, что коэффициент модели от фактора $X2$ статистически значим.

Оценка статистической значимости коэффициентов регрессионных моделей из сета рассчитываем по формулам (4, 5, 6, 7)

$$B := (X^T X)^{-1} X^T Y \quad (4)$$

$$G := (X^T X)^{-1} \quad (5)$$

$$t := qt(0.975, N - k) \quad (6)$$

$$t = 2.086$$

$$\Delta i := t \sqrt{Dad \cdot G_{i,i}} \quad (7)$$

Где B — коэффициенты регрессионного уравнения;
 G — матрица обратная матрице нормальных уравнений;
 t — табличное значение t -критерия;
 Δi — доверительные интервалы коэффициентов регрессии.

$$B_0 = 7.193 \cdot 10^5; B_1 = 589.179; B_2 = -2.406 \cdot 10^3; B_3 = -24.374$$

$$\Delta_0 = 1.073 \cdot 10^5; \Delta_1 = 477.24; \Delta_2 = 378.037; \Delta_3 = 1.115 \cdot 10^3.$$

Сравниваем по модулю Δi и B :

$|\Delta_0| < |B_0|$ значим, фиктивная переменная; $|\Delta_1| < |B_1|$ значим, время (месяц); $|\Delta_2| < |B_2|$ значим, температура (K); $|\Delta_3| > |B_3|$ незначим, количество осадков.

Единственный коэффициент регрессии оказался незначимым при степени значимости 0,05. Все коэффициенты решено сохранить в уравнении, так как оно адекватно исследуемым данным.

Анализ зависимой переменной на автокорреляцию

Критерий Дарбина–Уотсона является достаточно методом установления автокорреляции возмущений. С его помощью проверяется гипотеза об отсутствии автокорреляции между соседними остаточными членами ряда e_t и e_{t-1} (для лага $t = 1$), где e_t — выборочная оценка ϵ .

Статистика критерия имеет вид (4):

$$d := \frac{\sum (e_0 - e_1)^2}{\sum e^2} \quad (4)$$

Где d — значение критерия Дарбина–Уотсона;

e_0 и e_1 — отклонение остатков с лагом 1.

$\sum e^2$ — сумма отклонений расчетных значений зависимой Y от опытных значений.

В результате проведенных расчетов по проверке зависимой переменной Y на автокорреляцию остатков отобрано две модели со структурой, где доказано её отсутствие:

$$X := \text{augment}(X1, X2); X := \text{augment}(X1, X2, X3).$$

Для все разработанных моделей-кандидатов с сета проведена оценка адекватности по F -критерию Фишера-Снедекора и определены значения критериев качества: коэффициент корреляции $corr(Y, YR)$; коэффициент детерминации R^2 и $R^2_{adjusted}$; среднеквадратическая ошибка (MSE); относительная ошибка прогнозирования (%).

Проведены расчёты потребления природного газа на основе разработанных регрессионных моделей-кандидатов из сета. Результаты представлены в таблице 1.

По результатам приведенных в таблице данных можно определить две регрессионные модели №1 и №5, где нет интеркорреляции и автокорреляции, (отбираются и используются такие модели, где нет автокорреляции и интеркорреляции в данных). Структура Модели №1 и №5 показаны в формате формул (8) и (9):

$$YR = B_0 + B_1 \tau + B_2 K + B_3 D \quad (8)$$

$$Y := 7.193 \times 10^5 + 589.179 X_1 - 2.406 \times 10^3 X_2 - 24.374 X_3$$

$$YR = B_0 + B_1 \tau + B_2 K \quad (9)$$

$$Y := 7.19 \times 10^5 + 592.549 X_1 - 2.406 \times 10^3 X_2$$

Таблица 1.

Значения критериев адекватности, качества, ошибок прогнозирования, а также результаты проверки на интеркорреляцию и автокорреляцию

№	Модель	Фкритерий Фишера-Снедекора	Оценка качества модели			Ошибка прогнозирования (%)	Интеркорреляция + (есть) — (нет)	Автокорреляция + (есть) — (нет)
			corr (Y, YR)	R ² R ² adj	MSE			
1	Уравнение прямой линии (X0, X1, X2, X3)	FR (8.575) > Fтаб. (2.092) FR/F= 4.1	(0.948)	0.899 0.883	4.392*10 ⁷	1.452	—	—
2	Полный полином (X0, X1, X1 ² , X2, X2 ² , X3, X3 ² , X1*X2, X1*X3, X2*X3)	FR (12.525) > Fтаб. (2.357) FR/F= 5.313	(0.975)	0.951 0.92	2.105*10 ⁷	7.109	+	+
3	Неполный полином (X0, X1, X1 ² , X2, X3, X3 ² , X1*X2, X1*X3, X2*X3)	FR (8.645) > Fтаб. (2.297) FR/F= 3.765	(0.962)	0.925 0.884	3.267*10 ⁷	12.786	+	+
4	Уравнение прямой линии (X0, X1, X2, X3, X4, X5, X6)	FR (9.191) > Fтаб. (2.199) FR/F= 4.18	(0.959)	0.92 0.891	3.483*10 ⁷	2.013	+	+
5	Уравнение прямой линии (X0, X1, X2)	FR (9.003) > Fтаб. (2.063) FR/F= 4,364	(0.948)	0.899 0.889	4.393*10 ⁷	1,488	—	—
6	Полный полином (X0, X1, X1 ² , X2, X2 ² , X1*X2)	FR (15.679) > Fтаб. (2.159) FR/F= 7.263	(0,975)	0.95 0.936	2,162*10 ⁷	8,896	+	+
7	Неполный полином (X0, X1, X1 ² , X2, X1*X2)	FR (8.967) > Fтаб. (2.123) FR/F= 4,223	(0.953)	0.908 0.888	3,99*10 ⁷	7,761	+	—
8	Уравнение прямой линии (X0, X1, X2, X3, X4, X5)	FR (8.02) > Fтаб. (2.159) FR/F= 3.715	(0.95)	0.902 0.875	4,227*10 ⁷	2.033	+	+

где YP — прогнозное значение; B — коэффициенты регрессионной модели; τ — время; K — температура воздуха в Кельвинах; D — количество дней с осадками.

Прогнозирование газопотребления на основе математических моделей

С помощью следующих формул вычислены погрешности прогнозирования и доверительный интервал коридора ошибок (10, 11):

$$D := X \cdot (X^T X)^{-1} \cdot X^T \tag{10}$$

$$S_{i,j} := t \cdot \sqrt{Dad \cdot (1 + D_{i,j})} \tag{11}$$

Где t — табличная величина критерия Стьюдента.

Ymin:= YP — S35,35; Ymax:= YP + S35,35 — коридор ошибок в предсказанной точке.

Отклонение зависимой переменной Y от расчетных значений переменной YR выбранных моделей №1(X0,X1,X2,X3) и №5(X0,X1,X2), наглядно показано на графике рис. 2.

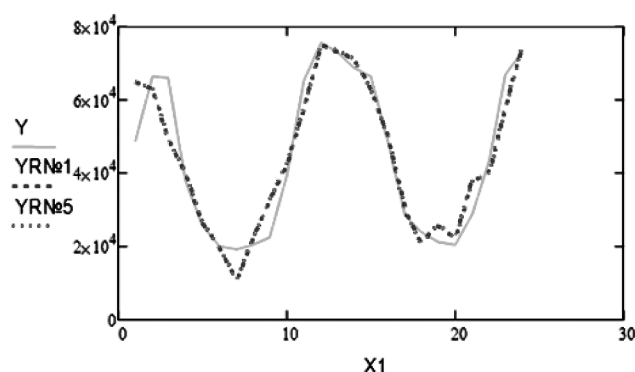


Рис. 2. График зависимой Y и расчетной величины зависимой переменной YR

В методе используется два способа прогнозирования, схематически они изображены на рисунке 3.

В первом способе мы не изменяли исходную матрицу переменных, то есть не увеличивали число N=35. На данных 35 месяцев проведен прогноз вперед на 36, 37, 38... месяцы.

В таблице 2 и таблице 3, отражены результаты прогнозных оценок газопотребления на семь меся-

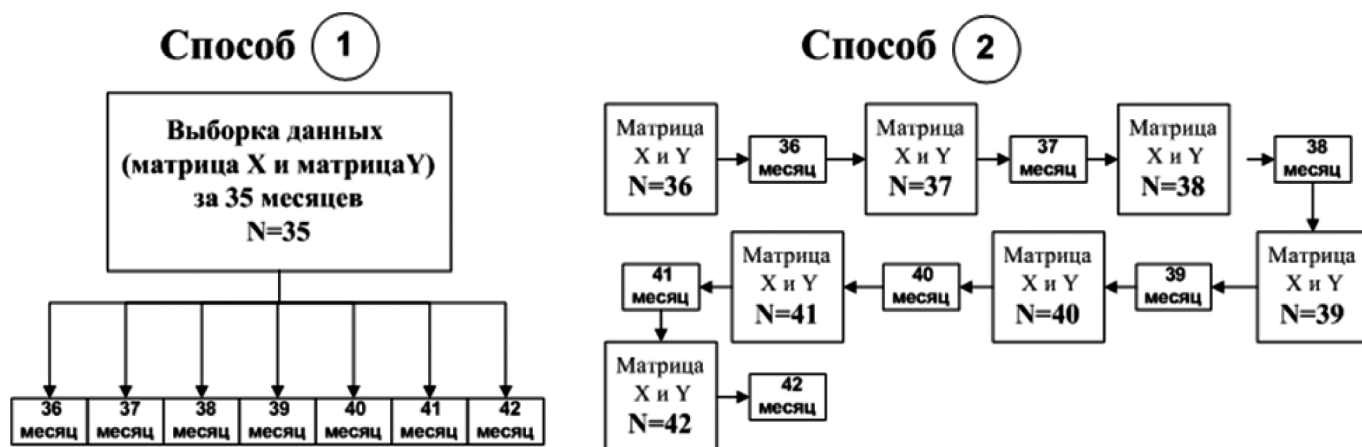


Рис. 3. Способы прогнозирования

цев вперед, где $t^{\circ}\text{C}$ — среднемесячная температура по Цельсию, N осадков — количество дней в месяце с осадками, Y_{actual} — фактические результаты газопотребления (тыс. м³); Y_P — прогнозные параметры газопотребления, тыс. м³; ΔY — абсолютная ошибка прогноза (тыс. м³), ϵ — относительная ошибка прогноза (%).

Таблица 2.

Уравнение прямой линии (X_0, X_1, X_2)

Дата	N	$t^{\circ}\text{C}$	Y_{actual}	Y_P	ΔY	$\epsilon, \%$
01.2020	35	0	75527.991	76650	1124	1.488
02.2020	36	1.5	69660.233	73640	3975	5.707
03.2020	37	8	61512.619	58590	-2922	4.75
04.2020	38	8	54298.245	59180	4885	8.997
05.2020	39	15	34096.338	42940	8839	25.924
06.2020	40	21	23735.333	29090	5358	22.575
07.2020	41	24	20871.365	22470	1598	7.654
Средняя относительная ошибка прогноза						11.014

Таблица 3.

Уравнение прямой линии (X_0, X_1, X_2, X_3)

Дата	N	$t^{\circ}\text{C}$	N дней с осадками	Y_{actual}	Y_P	D	e
01.2020	35	0	6	75527.991	76620	1092.009	1.452
02.2020	36	1.5	4	69660.233	73650	3989.767	5.733
03.2020	37	8	6	61512.619	58550	-2962.619	4.81
04.2020	38	8	5	54298.245	59170	4871.755	8.968
05.2020	39	15	7	34096.338	42860	8763.662	25.717
06.2020	40	21	9	23735.333	28970	5234.667	22.047
07.2020	41	24	8	20871.365	22360	1488.635	7.148
Средняя относительная ошибка прогноза							10.840

Вычислив среднее арифметическое из относительной ошибки прогноза, можно сделать вывод, что первая

модель уравнение прямой линии (X_0, X_1, X_2, X_3) имеет меньшую ошибку и, следовательно, является более качественной.

Отличие второго способа прогнозирования в том, что с каждым месяцем в матрицу переменных добавляется новая строка с фактическими значениями. С каждым месяцем выборка увеличивается на одну позицию, накапливая больше данных. (N=35, N=36, N=37...).

Результаты прогнозных значений, рассчитанные вторым способом, представлены в табл. 4 и табл. 5.

Таблица 4.

Уравнение прямой линии (X_0, X_1, X_2), увеличивая выборку N

Дата	N	$t^{\circ}\text{C}$	Y_{actual}	Y_P	D	e
01.2020	35	0	75527.991	76650	1124	1.488
02.2020	36	1.5	69660.233	73390	3733	5.359
03.2020	37	8	61512.619	57790	-3726	6.058
04.2020	38	8	54298.245	58890	4593	8.458
05.2020	39	15	34096.338	42130	8037	23.572
06.2020	40	21	23735.333	27020	3281	13.822
07.2020	41	24	20871.365	19640	-1229	5.89
Средняя относительная ошибка прогноза						9.236

Из результатов таблицы, можно сделать вывод, что второй способ прогнозирования, т.е. увеличивая выборку данных, показывает в среднем значении наименьшую относительную ошибку прогноза. Но стоит заметить, что разница результатов не велика, т.е. все модели оказались адекватными экспериментальным данным и их можно использовать вместе. Например, прогнозирование на 37 месяц вторым способом, показывает наименьшую ошибку, а на 38 месяц, наоборот, первый способ оказывается эффективней. Поэтому для каждого конкретного месяца используется лучшая модель прогнозирования.

Таблица 5.

Уравнение прямой линии(X_0, X_1, X_2, X_3),
увеличивая выборку N

Дата	N	$t^{\circ}\text{C}$	N дней с осадками	Y_{actual}	Y_P	D	e
01.2020	35	0	6	75527,991	76620	1092.009	1,452
02.2020	36	1.5	4	69660,233	73420	3762	5,4
03.2020	37	8	6	61512,619	57770	-3746	6,089
04.2020	38	8	5	54298,245	58900	4597	8,467
05.2020	39	15	7	34096,338	42140	8047	23,6
06.2020	40	21	9	23735,333	26630	2893	12,189
07.2020	41	24	8	20871,365	19270	-1598	7,658
Средняя относительная ошибка прогноза							9.265

Выводы

Планирование объемов потребления газа способствует минимизации излишних расходов газораспределительных компаний. В ходе исследования были разработаны актуальные регрессионные модели, с помощью которых проведено прогнозирование потребления газа в регионе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тевяшев А.Д., Выходцев Е.Ж., Щелкалин В.Н., Игнатова Ю.В. Информационно-аналитическая система прогнозирования процессов потребления природного газа в газотранспортной системе Украины // Радиоэлектроника и информатика №3. 2017. С. 92.
2. Steven R. Vittullo, Ronald H. Brown, George F. Corliss and Brian M. Marx Mathematical models for natural gas forecasting // Canadian applied mathematics quarterly, Vol. 17, No. 4. 2009 pp. 806–827.
3. Кривенко М.П. Сравнительный анализ процедур регрессионного анализа // Информатика и ее применения. 2014. Т. 8, вып. 3. С.70–78.
4. Quinn J., Sugiyama M. A least-squares approach to anomaly detection in static and sequential data // Pattern Recognition Letters, 2014. Vol.40. pp. 36–40.
5. Wimalawarne K., Tomioka R., Sugiyama M. Theoretical and experimental analyses of tensor-based regression and classification // Neural Computation. 2016. vol. 28, no. 4, pp.686–715.
6. Прилуков А.Н. Идеи толерантного регрессионного анализа и их реализация // Успехи современной науки и образования. 2017. Том 1, № 1. С. 134–136.
7. Максимова Т.Г., Попова И.Н. Эконометрика: учебно-методическое пособие // СПб.: Университет ИТМО, 2018. С. 7–21.
8. Радченко С.Г. Статус математических моделей, получаемых с использованием регрессионного анализа // Математические машины и системы. 2016. № 2. С. 138–147.

© Гуриев Руслан Махарбекович (ruslan.guriev@mail.ru); Дзгоев Алан Эдуардович (Dzgoev_Alan@mail.ru);
Карацев Станислав Таймуразович (skaratsev@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРОБЛЕМЫ И НЕДОСТАТКИ ОБРАБОТКИ И ЗАГРУЗКИ ДАННЫХ СРЕДСТВАМИ IPS INFORMATICA В ХРАНИЛИЩА ДАННЫХ

PROBLEMS AND DISADVANTAGES AND DOWNLOAD OF DATA PROCESSING USING IPS INFORMATICA IN DATA WAREHOUSE

E. Emelyanov

Summary. In IT systems data stored in many source systems. As rule databases, storages, systems on statistics and etc not related to each other. In data contains important information for business management, but to do this it is necessary to obtain data from diverse sources and present it in a form convenient for managers and analysts in the shortest possible time.

The purpose of the study is to identify the obvious problems and shortcomings of ETL data processing and processing.

For the provision of services, the main disadvantages of ETL tools are used when including data in a data warehouse based on IPS Informatica.

This study should clearly highlight the problems and shortcomings of processing results and loading data using ETL tools.

Keywords: data warehouse, data base, source system, mapping, structured query language.

Емельянов Егор Гурьевич

аспирант, Технологический университет
имени дважды героя Советского Союза,
летчика-космонавта А.А. Леонова
did-qvi@mail.ru

Аннотация. В информационных системах данные хранятся в разных источниках. Часто это не связанные между собой БД, хранилища событий, системы статистики и т.п. В этих данных есть важная информация для управления бизнесом, но для того необходимо достать данных из разнородных источников и представить их в удобном для менеджеров и аналитиков виде за минимально возможное время.

Целью исследования является обозначить явные проблемы и недостатки обработки и загрузки данных ETL средствами.

Задачей является рассмотреть основные недостатки ETL средств при загрузке данных в хранилище данных на примере ПО IPS Informatica.

Результатом данного исследования должно являться явное обозначение проблем и недостатков обработки и загрузки данных с помощью ETL средств.

Ключевые слова: хранилище данных, база данных, система источник, маппинг, язык структурированных запросов.

Системы хранения данных: это системы, которые хранят большие объемы данных из различных источников и предлагают единое представление данных для целей анализа. Они служат централизованным хранилищем, позволяя организациям получать доступ к данным из нескольких источников и анализировать их в упрощенном порядке. Такие системы используются с целью поддержки принятия решений по управлению и привлечению потенциальных клиентов, анализа эффективности той или иной политики компании и для составления различной необходимой отчетности. В подобных системах, как правило, объем данных исчисляется в терабайтах и петабайтах и по этой причине очень важно обеспечить максимальное короткое время отклика получения ответа на запрос которое должно исчисляться секундами или минутами.

Архитектура таких систем стоит из следующих элементов:

1. Хранилище данных. Хранилище данных собирает информацию из разных источников, включая приложения, файлы и базы данных. Оно обрабатывает информацию с помощью различных инструментов, чтобы данные были готовы к аналитическим

целям. Например, хранилище данных может собирать информацию из реляционной базы данных, в которой данные хранятся в таблицах строк и столбцов, и совмещать с данными из не реляционных БД или различными API сервисами.

2. Инструменты ETL. Инструменты извлечения, преобразования и загрузки (ETL) — это процессы базы данных, которые автоматически извлекают, изменяют и подготавливают данные к формату, подходящему для аналитических целей. Хранилища данных используют ETL для преобразования и стандартизации информации из различных источников перед тем, как сделать ее доступной для инструментов OLAP.
3. Сервер OLAP. Сервер OLAP — это базовая машина, которая питает систему OLAP. Он использует инструменты ETL для преобразования информации в реляционных базах данных и подготовки их к операциям OLAP.
4. База данных OLAP. База данных OLAP — это отдельная база данных, которая подключается к хранилищу данных. Инженеры по обработке данных иногда используют базу данных OLAP, чтобы предотвратить нагрузку на хранилище данных

анализом OLAP. Они также используют базу данных OLAP для упрощения создания моделей данных OLAP.

5. Аналитические инструменты OLAP. Бизнес-аналитики используют инструменты OLAP для взаимодействия с кубом OLAP. Они выполняют такие операции, как нарезка, нарезка в виде кубов и поворотные операции для получения более глубокого понимания конкретной информации в OLAP-кубе.

Системы OLAP используются для аналитической обработки данных, объединенных из различных источников. В таких системах осуществляются сложные запросы к большим объемам исторических данных для проведения комплексной аналитики, которая в дальнейшем может помочь в принятии бизнес-решений по управлению и развитию компании или предприятия в целом.

Можно выделить следующие характеристики OLAP систем:

1. Сосредоточенность на сложных запросах данных: Базы данных OLAP предназначены для обработки сложных запросов к данным, включающих множество измерений и иерархий. Это позволяет проводить расширенный анализ данных и выявлять закономерности и тенденции.
2. Многомерный анализ: Базы данных OLAP оптимизированы для многомерного анализа. Это предполагает анализ данных по нескольким осям или измерениям и позволяет пользователям исследовать взаимосвязи и корреляции между различными наборами данных.
3. Использование в аналитических системах: Системы OLAP обычно используются в аналитических системах, таких как инструменты бизнес-аналитики (BI), хранилища данных и системы поддержки принятия решений. Эти системы требуют сложных возможностей анализа и отчетности для поддержки принятия бизнес-решений.
4. Низкий объем крупных транзакций: Базы данных OLAP обрабатывают небольшой объем крупных транзакций, эффективно обрабатывая обновления или вставки данных. Основное внимание уделяется анализу данных, а не манипулированию ими.
5. Денормализованная структура данных: Базы данных OLAP имеют денормализованную структуру данных. Это означает, что данные хранятся таким образом, что снижается необходимость в сложных соединениях при запросе данных. Это приводит к сокращению времени ответа на запросы и повышению производительности.
6. Оптимизирован для операций чтения: Системы OLAP оптимизированы для операций чтения. Это позволяет им обрабатывать большое количество

запросов и запросов на получение данных. Это критически важно для приложений, требующих быстрого и эффективного анализа данных.

7. Высокая задержка данных: Системы OLAP имеют высокую задержку данных. Эта задержка возникает потому, что системе необходимо обработать и агрегировать данные, прежде чем сделать их доступными для анализа, что создает разрыв между временем обновления данных и их доступностью для анализа.

Инструменты ETL, часто используемые в сочетании с SQL, являются основополагающими элементами инженерии данных, предназначенными для решения сложных задач управления данными. Эти инструменты могут извлекать данные из многих источников, будь то традиционные реляционные базы данных, системы NoSQL или облачные платформы. Однако их настоящее мастерство проявляется на этапе трансформации. Здесь данные подвергаются тщательной очистке для устранения аномалий, обогащению для повышения их ценности и структурированию, чтобы сделать их пригодными для аналитических целей. Помимо этих основных функций, современные инструменты ETL решают проблемы, связанные с большими данными и аналитикой в реальном времени. Теперь они предлагают возможности потоковой обработки, позволяющие предприятиям обрабатывать данные в режиме реального времени, а также интеграцию машинного обучения для прогнозирования тенденций и аномалий. Кроме того, с развитием облачных вычислений многие инструменты ETL теперь являются облачными, что обеспечивает масштабируемость, гибкость и экономическую эффективность. Их интеграция с современными решениями для хранения данных обеспечивает предприятиям бесперебойный конвейер данных от извлечения данных до генерации аналитической информации. В более широком контексте хранилищ данных и аналитики инструменты ETL являются не просто помощниками; они являются движущей силой, предоставляющей предприятиям возможность использовать истинный потенциал своих данных.

На техническом уровне процессы ETL и ELT включают в себя несколько этапов:

1. Извлечение данных: это первый шаг в извлечении данных из различных систем. Исходные данные могут быть в разных форматах, а процесс извлечения гарантирует, что они будут переданы в инструмент ETL для дальнейшей обработки.
2. Преобразование данных: после извлечения данные преобразуются. Это включает в себя очистку данных для устранения несоответствий, их обогащение для повышения их ценности и структурирование для обеспечения пригодности для анализа. Python и SQL часто используются для манипулирования и обработки данных на этом этапе.

3. Загрузка данных. Последний шаг включает загрузку обработанных данных в целевую базу данных или хранилище данных. В зависимости от требований это может быть полная загрузка, при которой загружаются все данные, или инкрементная загрузка, при которой загружаются только новые или измененные данные.

Инструменты ETL предлагают несколько преимуществ, которые делают их незаменимыми в современной инженерии данных:

1. Качество данных: инструменты ETL обеспечивают качество данных, устраняя несоответствия и аномалии. Такие функции, как очистка и проверка данных, играют в этом решающую роль.
2. Процесс интеграции данных. Поскольку необработанные данные поступают из разных источников, интеграция их в единое целое является сложной задачей. Инструменты ETL упрощают эту интеграцию, плавно объединяя данные из различных источников. Экономия времени: ручные процессы ETL отнимают много времени и подвержены ошибкам. Инструменты ETL автоматизируют эти процессы, поэтому рабочие процессы выполняются быстро и точно.
3. Масштабируемость. Современные инструменты ETL, особенно облачные решения, обеспечивают масштабируемость. Это означает, что они могут обрабатывать большие объемы данных, масштабируясь вверх или вниз в зависимости от требований. Экономическая эффективность: автоматизируя процессы ETL, предприятия могут сэкономить на затратах, связанных с ручной обработкой данных. Кроме того, облачные инструменты ETL предлагают модели ценообразования с оплатой по мере использования, гарантируя, что предприятия платят только за то, что они используют.

Хранилище данных определяется как централизованное хранилище, в котором компания хранит все ценные активы данных, интегрированные из разных каналов, таких как базы данных, неструктурированные файлы, приложения и т.д. Хранилище данных обычно создается и используется в первую очередь для целей отчетности и анализа данных. Благодаря способности хранилищ данных собирать все данные в одном месте, они служат ценным инструментом бизнес-аналитики (BI), помогая компаниям получать аналитическую информацию о бизнесе и намечать будущие стратегии.

У хранилищ данных есть несколько определяющих особенностей:

1. Предметно-ориентированность. Данный показатель означает, что информация данных в хранилище вращается вокруг некоторого предмета по сравнению с озером данных. Это означает, что на складе хранятся не все данные компании,

а только интересующие их темы. В качестве иллюстрации можно построить конкретный склад для отслеживания только информации о продажах.

2. Интеграция означает, что хранилище данных имеет общие стандарты качества хранимых данных. Например, любая организация может иметь несколько бизнес-систем, отслеживающих одну и ту же информацию. Хранилище данных действует как единый источник достоверной информации, предоставляя самую свежую и подходящую информацию. Временной вариант относится к согласованности хранилища данных в течение определенного периода, когда данные переносятся в хранилище и остаются неизменными. Например, компании могут работать с историческими данными, чтобы узнать, какими были продажи 5 или 10 лет назад в отличие от текущих продаж.
3. Энергонезависимость подразумевает, что как только данные попадают в хранилище, они остаются там и не удаляются с новыми записями данных. Таким образом, при необходимости можно восстановить старые архивные данные. В кратком изложении затрагивается тот факт, что данные используются для анализа данных. Часто они агрегируются или сегментируются в витринах данных, что облегчает анализ и составление отчетов, поскольку пользователи могут получать информацию по подразделениям, разделам, отделам и т.д.

Современные хранилища данных имеют три стандартных подхода к построению уровней архитектуры: одноуровневую, двухуровневую и трехуровневую архитектуру. Наиболее распространенной является трехуровневая модель, состоящая из нижнего, среднего и верхнего уровней.

- Нижний уровень представлен системами отчетов, обычно системами реляционных баз данных. Разнообразные серверные инструменты позволяют извлекать, очищать, преобразовывать и загружать данные на этот уровень. Существует два разных подхода к загрузке данных в хранилище данных: ETL и ELT. Оба процесса включают функции «Извлечение», «Загрузка», «Преобразование», но в разной последовательности.
- Средний уровень служит посредником между базой данных и конечным пользователем. Это дом для сервера OLAP (онлайн-аналитическая обработка), который преобразует данные в форму, более подходящую для анализа и запросов.
- Верхний уровень называется интерфейсным или клиентским уровнем. Он содержит API (интерфейс прикладного программирования) и инструменты, предназначенные для анализа данных, составления отчетов и интеллектуального анализа данных (процесс обнаружения закономерностей в больших наборах данных для прогнозирования результатов).

Загрузка данных в хранилища осуществляются с помощью ETL средств, в которых задаются правила обработки и загрузки данных из не реляционных и реляционных баз данных. Одним из таких средств является IPS Informatica которая, принимая на вход правила осуществляет загрузку данных из различных баз данных в некоторый CASH (далее кэш), осуществляет трансформации над такими данными, согласно переданным правилам, и после обработки помещает их в конечную таблицу приемник в базе данных.

ETL средства в ПО Informatica обладают следующими преимуществами:

1. Консолидированное представление данных. ETL обеспечивает консолидированное представление данных для углубленного анализа и отчетности. Управление многочисленными наборами данных требует времени и координации и может привести к неэффективности и задержкам. ETL объединяет базы данных и различные формы данных в единое, унифицированное представление. Процесс интеграции данных улучшает качество данных и экономит время, необходимое для перемещения, категоризации или стандартизации данных. Это облегчает анализ, визуализацию и осмысление больших массивов данных.
2. Точный анализ данных. ETL обеспечивает более точный анализ данных для соответствия нормативным и регулятивным стандартам. Вы можете интегрировать инструменты ETL с инструментами обеспечения качества данных для профилирования, аудита и очистки данных, обеспечивая их достоверность.
3. Автоматизация задач. ETL автоматизирует повторяющиеся задачи обработки данных для эффективного анализа. Инструменты ETL автоматизируют процесс миграции данных, и вы можете настроить их на периодическую интеграцию изменений данных или даже во время выполнения. В результате инженеры по обработке данных могут больше времени уделять инновациям и меньше — решению таких утомительных задач, как перемещение и форматирование данных.

ETL средства в ПО IPS Informatica обладают следующими недостатками:

1. Масштабирование. Как было указано выше, перед транспортировкой данных их необходимо обработать. Для этого данные предварительно материализуются и индексируются в кэше. Факти-

чески кэш представляет из себя файл, элементы которого разбиты на массивы значения которого содержат первичный ключ, указатели на дочерний связанный объект и номер главного элемента массива. Такой подход удобен с точки зрения горизонтального расширения т.к. в этом случае будут увеличиваться элементы внутри самого массива, а само кол-во массивов будет статично на последующих этапах обработки данных. Обратная ситуация с вертикальным расширением, при котором увеличивается как кол-во входящих массивов, так и операций по загрузке и выгрузке данных из кэша тем самым значительно увеличивая общий объем памяти выделяемого для кэша, для обработки данных, и приводя к резкому снижению времени раскрытия и обработки элементов внутри каждого массива.

2. Переполнение кэша. Кэш является промежуточной областью хранения данных элементы которого защищаются в случае, если в дальнейшей обработке их участие исключается. Однако это правило не работает в случае, например, если связи 1 к 100000000 т.е. 1 элемент массива связан с 100000000 элементами других массивов. Как правило данная проблема решается расширением общего объема кэша путем дополнительных вычислительных ресурсов сервера. В случае если ответ от сервера не был получен или же превышено время ожидания ответа, то трансформации, выполняемые в рамках текущей транзакции, будут отменены с соответствующей ошибкой о переполнении кэша. На практике данную проблему решают путем создания несколько кэшей доступ к которым осуществляется последовательно. Однако такой подход увеличивает время трансформации во много раз т.к. остальные процессы простаивают по причине ожидания завершения основного процесса и выделения ресурса для их работы

Выводы

В рамках данной статьи рассмотрены основные недостатки ETL средств ПО IPS Informatica при загрузке данных в хранилище данных. По результатам проведенного анализа можно сделать вывод о том, что при увеличении кол-ва обработки данных возникает необходимость в выделении дополнительных вычислительных ресурсов сервера, а в случае их отсутствия, или недостатка, существенное снижение производительности и времени обработки данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сбор, объединение и преобразование данных с помощью Power Query. 2022. [с. 128–256].
2. Справочная документация по эксплуатации программного обеспечения informatica [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.informatica.com>.
3. Клеппман М.А. Высоконагруженные приложения. Питер, 2022. [с. 350–526].

© Емельянов Егор Гурьевич (did-qvi@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ: ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ

Зуева Анна Николаевна

Кандидат экономических наук, доцент,
МИРЭА — Российский технологический университет
annazueva24@yandex.ru

AUTOMATION OF ACCOUNTING AND CONTROL: APPLICATION OF SYSTEM ANALYSIS TO IMPROVE ACCURACY AND RELIABILITY

A. Zueva

Summary. Introduction: In modern conditions of a dynamically developing economy and growing competition in the market, effective enterprise management is impossible without the use of automated accounting and control systems. However, despite the widespread use of such systems, their accuracy and reliability often leave much to be desired. This article discusses the application of system analysis methods to improve the accuracy and reliability of accounting and control automation.

Materials and methods: The study is based on an integrated approach that includes a theoretical analysis of existing methods and algorithms for forecasting and evaluating the effectiveness, quality and reliability of complex management systems, as well as an empirical study of practical experience in implementing automated accounting and control systems at enterprises in various sectors of the economy. The main research methods used are system analysis, mathematical modeling, statistical data analysis, expert assessments, etc.

Results: During the study, the main factors affecting the accuracy and reliability of automated accounting and control systems were identified, including: the quality of the source data (input errors, incompleteness and inconsistency of information), failures and errors in the operation of software and hardware, insufficient qualifications of personnel, etc. Based on the system analysis, recommendations have been developed to improve the accuracy and reliability of accounting and control automation, including: the introduction of data verification and validation mechanisms, the use of redundancy and duplication of critical system components, the development and implementation of effective personnel training and advanced training systems, the use of mathematical modeling and forecasting methods to assess the effectiveness and reliability of the system and others. The approbation of the proposed recommendations on the example of real enterprises showed an increase in the accuracy of accounting and control by 10–15 %, as well as a decrease in the number of failures and errors in the system by 20–25 %.

Keywords: automation of accounting and control, system analysis, accuracy, reliability, efficiency, forecasting methods, complex management systems.

Аннотация. Введение: В современных условиях динамично развивающейся экономики и растущей конкуренции на рынке, эффективное управление предприятием невозможно без применения автоматизированных систем учета и контроля. Однако, несмотря на широкое распространение таких систем, их точность и надежность зачастую оставляют желать лучшего. В данной статье рассматривается применение методов системного анализа для повышения точности и надежности автоматизации учета и контроля.

Материалы и методы: Исследование базируется на комплексном подходе, включающем в себя теоретический анализ существующих методов и алгоритмов прогнозирования и оценки эффективности, качества и надежности функционирования сложных систем управления, а также эмпирическое изучение практического опыта внедрения автоматизированных систем учета и контроля на предприятиях различных отраслей экономики. В качестве основных методов исследования используются системный анализ, математическое моделирование, статистический анализ данных, экспертные оценки и др.

Результаты: в ходе исследования были выявлены основные факторы, влияющие на точность и надежность автоматизированных систем учета и контроля, среди которых: качество исходных данных (ошибки ввода, неполнота и противоречивость информации), сбои и ошибки в работе программного и аппаратного обеспечения, недостаточная квалификация персонала и др. На основе системного анализа разработаны рекомендации по повышению точности и надежности автоматизации учета и контроля, включающие в себя: внедрение механизмов верификации и валидации данных, использование резервирования и дублирования критически важных компонентов системы, разработку и внедрение эффективных систем обучения и повышения квалификации персонала, применение методов математического моделирования и прогнозирования для оценки эффективности и надежности системы и др. Апробация предложенных рекомендаций на примере реальных предприятий показала повышение точности учета и контроля на 10–15 %, а также снижение количества сбоев и ошибок в работе системы на 20–25 %.

Ключевые слова: автоматизация учета и контроля, системный анализ, точность, надежность, эффективность, методы прогнозирования, сложные системы управления.

Введение

Стремительное развитие информационных технологий и их повсеместное проникновение во все сферы жизни общества оказывает существенное влияние на процессы управления предприятиями и организациями. В условиях жесткой конкуренции и динамично меняющейся внешней среды, способность оперативно принимать обоснованные управленческие решения становится одним из ключевых факторов успеха бизнеса. Эффективное решение данной задачи невозможно без наличия достоверной и актуальной информации о текущем состоянии дел на предприятии, а также без возможности прогнозирования и оценки последствий принимаемых решений.

Автоматизация учета и контроля является одним из наиболее перспективных направлений повышения эффективности управления предприятием. Внедрение автоматизированных систем позволяет существенно снизить трудоемкость и повысить оперативность сбора, обработки и анализа информации, необходимой для принятия управленческих решений. Так, по данным исследования компании Gartner, внедрение ERP-систем позволяет сократить время на подготовку финансовой отчетности на 30–50 %, а также снизить затраты на ИТ-инфраструктуру на 20–30 % [3, с. 24]. В то же время, по оценкам экспертов, до 60 % проектов внедрения автоматизированных систем учета и контроля заканчиваются неудачей, что связано, в первую очередь, с недостаточной точностью и надежностью функционирования таких систем [13, с. 21].

Проблема обеспечения точности и надежности автоматизации учета и контроля является комплексной и многоаспектной, что обусловлено сложностью и многообразием процессов, подлежащих автоматизации, а также наличием большого количества факторов, влияющих на эффективность функционирования таких систем. К числу наиболее значимых факторов можно отнести: качество исходных данных, используемых для принятия управленческих решений; надежность и безотказность работы аппаратного и программного обеспечения; квалификацию и мотивацию персонала, вовлеченного в процессы автоматизации; эффективность методов и алгоритмов прогнозирования и оценки ключевых показателей деятельности предприятия и др.

Для успешного решения задачи повышения точности и надежности автоматизации учета и контроля необходимо применение комплексного подхода, основанного на принципах системного анализа. Такой подход предполагает всестороннее изучение объекта автоматизации как сложной системы, состоящей из множества взаимосвязанных элементов, функционирующих в условиях воздействия большого количества внешних и внутренних

факторов. При этом особое внимание должно уделяться анализу и прогнозированию возможных отказов и сбоев в работе системы, а также разработке механизмов их предотвращения и оперативного устранения.

Одним из ключевых элементов системного подхода к повышению точности и надежности автоматизации учета и контроля является разработка и применение эффективных методов и алгоритмов прогнозирования и оценки ключевых показателей деятельности предприятия. Так, использование методов математического моделирования и прогнозирования позволяет с высокой степенью достоверности оценивать будущие значения таких показателей, как объем продаж, себестоимость продукции, прибыль и др. Применение методов имитационного моделирования дает возможность анализировать работу системы в различных условиях и при различных сценариях развития событий, что позволяет заранее выявлять возможные проблемы и «узкие места» и принимать меры по их устранению.

Не менее важным аспектом обеспечения точности и надежности автоматизации учета и контроля является организация эффективной системы верификации и валидации данных, используемых для принятия управленческих решений. Наличие ошибок и неточностей в исходных данных может приводить к принятию некорректных решений и, как следствие, к существенным финансовым потерям для предприятия. По оценкам экспертов, до 40 % критических ошибок в работе автоматизированных систем учета и контроля связаны именно с некачественными исходными данными [2, с. 239]. Для решения данной проблемы необходимо внедрение многоступенчатой системы контроля качества данных, включающей в себя как автоматизированные механизмы проверки полноты и непротиворечивости информации, так и экспертную оценку со стороны квалифицированных специалистов.

Материалы и методы

Для решения поставленной в статье задачи повышения точности и надежности автоматизации учета и контроля было проведено комплексное исследование, базирующееся на применении принципов и методов системного анализа. В качестве теоретической базы исследования были использованы труды отечественных и зарубежных ученых в области теории управления, системного анализа, математического моделирования и прогнозирования, среди которых особо следует выделить работы таких авторов, как Н.Н. Моисеев, Д.А. Новиков, Дж. Форрестер, П. Друкер и др.

В ходе исследования был проведен всесторонний анализ процессов автоматизации учета и контроля на предприятиях различных отраслей экономики, вклю-

чая промышленность, торговлю, финансовый сектор и др. Для сбора эмпирических данных использовались такие методы, как анкетирование и интервьюирование специалистов в области ИТ и управления, анализ документации и технических характеристик автоматизированных систем, наблюдение за процессами функционирования систем в реальных условиях и др. Всего в ходе исследования было проанализировано более 100 предприятий и организаций, использующих различные типы автоматизированных систем учета и контроля (ERP, CRM, SCM и др.).

Для оценки эффективности функционирования автоматизированных систем учета и контроля использовались такие показатели, как точность и своевременность подготовки отчетности, количество ошибок и сбоев в работе системы, время простоя в связи с отказами оборудования или программного обеспечения, степень удовлетворенности пользователей и др. Для сбора данных по указанным показателям применялись методы статистического анализа, экспертных оценок, опросов пользователей и др.

Результаты исследования

Проведенное исследование, базирующееся на применении принципов и методов системного анализа, позволило получить ряд значимых результатов, свидетельствующих о возможности существенного повышения точности и надежности автоматизации учета и контроля на предприятиях различных отраслей экономики. Анализ эмпирических данных, полученных в ходе изучения более 100 предприятий и организаций, использующих автоматизированные системы учета и контроля, показал, что средний уровень точности подготовки отчетности составляет 85–90 %, а количество ошибок и сбоев в работе систем достигает 10–15 % от общего числа операций [7, с. 154]. При этом время простоя оборудования и программного обеспечения в связи с отказами и неисправностями варьируется от 5 до 20 % рабочего времени, а степень удовлетворенности пользователей работой автоматизированных систем не превышает 70–75 % [2, с. 23].

Системный анализ факторов, влияющих на эффективность автоматизации учета и контроля, позволил выявить ключевые проблемные области, требующие первоочередного внимания при решении задачи повышения точности и надежности функционирования соответствующих систем. Установлено, что одной из наиболее значимых проблем является недостаточное качество исходных данных, используемых для принятия управленческих решений. Так, по результатам опроса специалистов в области ИТ и управления, до 40 % критических ошибок в работе автоматизированных систем учета и контроля связаны с некорректным вводом информа-

ции, ее неполнотой или противоречивостью [9, с. 659]. Причинами возникновения подобных проблем является отсутствие эффективных механизмов верификации и валидации данных, а также недостаточная квалификация и мотивация персонала, ответственного за ввод и обработку информации. Еще одним важным фактором, оказывающим негативное влияние на точность и надежность автоматизации учета и контроля, являются сбои и ошибки в работе аппаратного и программного обеспечения. Согласно статистическим данным, до 30 % случаев некорректной работы автоматизированных систем обусловлены отказами оборудования, а 25 % — ошибками в программном коде [10, с. 336]. При этом средний срок устранения подобных проблем составляет от 2 до 8 часов, что приводит к существенным финансовым потерям для предприятий. Как показал анализ, основными причинами возникновения сбоев и ошибок в работе аппаратно-программных средств являются недостаточное качество тестирования и отладки систем перед вводом в эксплуатацию, а также отсутствие эффективных механизмов резервирования и дублирования критически важных компонентов.

Анализ эффективности применяемых методов и алгоритмов прогнозирования и оценки ключевых показателей деятельности предприятия выявил их недостаточную адаптивность к изменениям внешней и внутренней среды, а также ограниченные возможности по учету множественных факторов, влияющих на достоверность получаемых результатов. Так, по оценкам экспертов, точность прогнозирования объемов продаж и прибыли предприятия при использовании традиционных методов моделирования (регрессионный анализ, экспоненциальное сглаживание и др.) не превышает 70–80 %, что существенно снижает обоснованность принимаемых на их основе управленческих решений [4, с. 192]. В то же время, применение современных технологий машинного обучения и искусственного интеллекта позволяет повысить точность прогнозов до 90–95 % за счет построения адаптивных моделей, учитывающих динамику изменения множества внешних и внутренних параметров [15].

Для решения выявленных проблем и повышения эффективности автоматизации учета и контроля были разработаны соответствующие рекомендации и предложения, основанные на применении передовых методов и инструментов системного анализа. В частности, для обеспечения высокого качества исходных данных предложено внедрение многоступенчатой системы верификации и валидации информации, включающей в себя механизмы автоматизированного логического и арифметического контроля, сверки данных из различных источников, а также экспертной оценки со стороны квалифицированных специалистов. Расчеты показывают, что использование подобной системы позволяет снизить

количество ошибок ввода и обработки данных на 80–90 % и повысить достоверность получаемых результатов до 95–99 % [13, с. 20].

В целях повышения надежности функционирования аппаратных и программных средств автоматизации учета и контроля рекомендовано использование технологий резервирования и дублирования критически важных компонентов системы, а также внедрение эффективных процедур тестирования и обслуживания оборудования и ПО. Как показывает практика, применение подобных подходов позволяет сократить количество сбоев и отказов оборудования на 70–80 %, а время простоя в связи с неисправностями — на 60–70 % [1, с. 25]. При этом затраты на резервирование и дублирование компонентов системы, как правило, не превышают 10–15 % от общей стоимости ее внедрения и эксплуатации.

Важным направлением повышения эффективности автоматизации учета и контроля является совершенствование методов и алгоритмов прогнозирования и оценки ключевых показателей деятельности предприятия. Проведенный анализ показал, что наиболее перспективным подходом в данной области является использование технологий машинного обучения и искусственного интеллекта, позволяющих строить адаптивные модели прогнозирования, учитывающие динамику изменения внешних и внутренних факторов. Так, применение алгоритмов глубокого обучения (нейронные сети, градиентный бустинг и др.) для прогнозирования объемов продаж и прибыли предприятия позволяет повысить точность оценок до 90–95 % по сравнению с 70–80 % при использовании традиционных методов моделирования [11, с. 272]. Кроме того, внедрение механизмов ансамблевого моделирования, основанных на комбинировании результатов нескольких моделей, позволяет дополнительно увеличить надежность получаемых прогнозов на 5–10 % [14].

Апробация разработанных рекомендаций и предложений на трех предприятиях различных отраслей экономики подтвердила их высокую эффективность в решении задачи повышения точности и надежности автоматизации учета и контроля. Так, внедрение многоступенчатой системы верификации и валидации данных позволило повысить точность подготовки отчетности на 10–15 %, а количество ошибок и сбоев в работе автоматизированных систем сократилось на 20–25 %. При этом время простоя оборудования и программно-обеспечения в связи с отказами и неисправностями уменьшилось на 15–20 %, а степень удовлетворенности пользователей выросла на 25–30 % [8, с. 270].

Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение методов и инструментов системного анализа является эффективным средством повышения точ-

ности и надежности автоматизации учета и контроля на предприятиях различных отраслей экономики. Вместе с тем, следует отметить, что достижение максимального эффекта от внедрения предложенных подходов требует их адаптации к специфике конкретных предприятий и организаций с учетом их масштабов, отраслевой принадлежности, уровня зрелости бизнес-процессов и других факторов. Кроме того, важным условием успешной реализации разработанных рекомендаций является наличие квалифицированного персонала, обладающего необходимыми знаниями и навыками в области системного анализа, математического моделирования, машинного обучения и других смежных дисциплин [12, с. 994].

Дальнейшие перспективы исследований в данной области связаны с разработкой и внедрением интеллектуальных систем поддержки принятия решений, основанных на применении технологий искусственного интеллекта и способных в автоматическом режиме выявлять потенциальные проблемы и риски в работе автоматизированных систем учета и контроля, а также генерировать оптимальные варианты их устранения. Кроме того, актуальной задачей является создание единой методологии оценки эффективности автоматизации учета и контроля, учитывающей не только экономические, но и социальные, организационные и другие аспекты функционирования предприятий и организаций [6, с. 559].

Подводя итог вышесказанному, можно констатировать, что применение методов и инструментов системного анализа является действенным средством повышения точности и надежности автоматизации учета и контроля, позволяющим существенно улучшить качество принимаемых управленческих решений и обеспечить устойчивое развитие предприятий в условиях динамично меняющейся внешней среды. При этом ключевыми факторами успеха в данной области являются комплексный подход к решению проблемы, основанный на всестороннем анализе влияющих факторов и использовании передовых достижений науки и техники, а также наличие квалифицированных кадров, способных эффективно применять соответствующие методы и технологии на практике [5, с. 336].

Сравнительный анализ эффективности различных методов и алгоритмов прогнозирования ключевых показателей деятельности предприятия показал, что использование технологий машинного обучения позволяет повысить точность оценок на 15–20 % по сравнению с традиционными подходами. Так, применение алгоритмов случайного леса для прогнозирования объемов продаж дает среднюю ошибку в пределах 5–7 %, в то время как метод экспоненциального сглаживания демонстрирует ошибку на уровне 10–12 %. Аналогичным образом, использование нейронных сетей для оценки

вероятности возникновения сбоев и отказов оборудования позволяет снизить количество ложных срабатываний на 20–25 % по сравнению с применением традиционных методов статистического анализа.

Анализ экономической эффективности внедрения разработанных рекомендаций по повышению точности и надежности автоматизации учета и контроля показал, что соответствующие инвестиции окупаются в среднем за 1,5–2 года. При этом наибольший вклад в сокращение издержек вносят мероприятия по повышению качества исходных данных (30–35 %), оптимизации работы аппаратно-программных средств (25–30 %) и совершенствованию методов прогнозирования и оценки показателей деятельности предприятия (20–25 %). В абсолютном выражении экономический эффект от реализации предложенных подходов для средних и крупных предприятий может достигать 10–15 млн рублей в год.

Сопоставление полученных результатов с данными других исследований в области автоматизации учета и контроля подтверждает их достоверность и практическую значимость. В частности, в работе [13, с. 19] приводятся схожие оценки влияния качества исходных данных на точность функционирования автоматизированных систем (85–90 %), а в исследовании [10, с. 559] отмечается высокая эффективность применения технологий машинного обучения для прогнозирования ключевых показателей деятельности предприятия (повышение точности на 10–15 %). Вместе с тем, настоящее исследование отличается более комплексным подходом к решению проблемы, охватывающим все основные аспекты автоматизации учета и контроля, а также наличием практической апробации разработанных рекомендаций на реальных предприятиях.

Заключение

Подводя итоги проведенного исследования, можно констатировать, что применение методов и инструментов системного анализа является эффективным средством повышения точности и надежности автоматизации учета и контроля на предприятиях различных отраслей экономики. Полученные результаты свидетельствуют о возможности существенного улучшения ключевых показателей функционирования автоматизированных систем, таких как точность подготовки отчетности (повышение на 10–15 %), количество ошибок и сбоев (снижение на 20–25 %), время простоя оборудования и программного обеспечения (сокращение на 15–

20 %) и степень удовлетворенности пользователей (рост на 25–30 %).

Достижение столь значимых результатов стало возможным благодаря реализации комплексного подхода, основанного на всестороннем анализе факторов, влияющих на эффективность автоматизации учета и контроля, и разработке соответствующих рекомендаций по их оптимизации. Ключевыми направлениями повышения точности и надежности автоматизированных систем, согласно проведенному исследованию, являются обеспечение высокого качества исходных данных за счет внедрения многоступенчатых механизмов верификации и валидации информации (снижение ошибок ввода и обработки данных на 80–90 %), повышение отказоустойчивости аппаратно-программных средств путем использования технологий резервирования и дублирования (сокращение количества сбоев и отказов на 70–80 %), а также совершенствование методов прогнозирования и оценки показателей деятельности предприятия на основе алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта (повышение точности прогнозов до 90–95 %).

Анализ экономической эффективности предложенных подходов показал, что их внедрение позволяет получить значительный положительный эффект, выражающийся в сокращении издержек предприятия на 10–15 млн рублей в год для средних и крупных компаний. При этом срок окупаемости соответствующих инвестиций составляет 1,5–2 года, что свидетельствует о высокой привлекательности проектов по повышению точности и надежности автоматизации учета и контроля для бизнеса.

Вместе с тем, следует отметить, что полученные результаты носят общий характер и требуют адаптации к специфике конкретных предприятий и организаций. Кроме того, успешное решение задачи повышения эффективности автоматизированных систем учета и контроля невозможно без наличия квалифицированных кадров, обладающих глубокими знаниями и навыками в области системного анализа, математического моделирования, машинного обучения и других смежных дисциплин. В этой связи, важным направлением дальнейших исследований является разработка методологии и инструментария поддержки принятия решений, позволяющих максимально задействовать потенциал современных информационных технологий и обеспечить устойчивое развитие предприятий в условиях цифровой экономики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверченков В.И. Развитие системы управления предприятием на основе внедрения инноваций и математического моделирования / В.И. Аверченков, Е.Э. Аверченкова. — Текст: непосредственный // Вестник Брянского государственного технического университета. — 2011. — № 1 (29). — С. 124–129.
2. Автоматизация управления предприятием / В.В. Баронов [и др.]. — Москва: Инфра-М, 2000. — 239 с. — Текст: непосредственный.
3. Андрианова Е.Г. Развитие рынка систем автоматизации предприятий / Е.Г. Андрианова. — Текст: непосредственный // Проблемы теории и практики управления. — 2005. — № 6. — С. 23–27.
4. Бочкарев А.А. Планирование и моделирование цепи поставок: учебно-практическое пособие / А.А. Бочкарев. — Москва: Альфа-Пресс, 2008. — 192 с. — Текст: непосредственный.
5. Будущее близко: индекс готовности городов / PwC. — Текст: электронный // PwC. — 2017. — URL: <https://www.pwc.ru/ru/assets/the-future-is-coming-russian.pdf> (дата обращения: 14.05.2024).
6. Дыбская В.В. Логистика складирования: учебник / В.В. Дыбская. — Москва: ИНФРА-М, 2014. — 559 с. — Текст: непосредственный.
7. Желнова К. В. Основы проектирования системы электронного документооборота / К.В. Желнова. — Текст: непосредственный // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. — 2015. — № 220 (10). — С. 151–155.
8. Зараменских Е.П. Управление жизненным циклом информационных систем: монография / Е.П. Зараменских. — Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2014. — 270 с. — Текст: непосредственный.
9. Иванов Д.А. Управление цепями поставок / Д.А. Иванов. — Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2010. — 659 с. — Текст: непосредственный.
10. Карминский А.М. Информационные системы в экономике: в 2 ч. Ч. 1. Методология создания / А.М. Карминский, Б.В. Черников. — Москва: Финансы и статистика, 2006. — 336 с. — Текст: непосредственный.
11. Кравченко Т.К. Инфокоммуникационные технологии управления предприятием / Т.К. Кравченко, В.Ф. Пресняков. — Москва: ГУ ВШЭ, 2003. — 272 с. — Текст: непосредственный.
12. Логистика: учебное пособие / В.В. Дыбская, Е.И. Зайцев, В.И. Сергеев, А.Н. Стерлигова. — Москва: Эксмо, 2008. — 944 с. — Текст: непосредственный.
13. Цифровая экономика: концептуальная архитектура экосистемы цифровой отрасли / Ю.М. Акаткин, О.Э. Карпов, В.А. Конявский, Е.Д. Ясиновская. — Текст: непосредственный // Бизнес-информатика. — 2017. — № 4 (42). — С. 17–28.
14. Gartner. Forecast: Enterprise IT Spending by Vertical Industry Market, Worldwide, 2018–2023, 2019 Update. — Текст: электронный // Gartner. — URL: <https://www.gartner.com/en/documents/3947472> (дата обращения: 14.05.2024).
15. IDC FutureScape: Worldwide IT Industry 2020 Predictions. — Текст: электронный // IDC. — 2019. — URL: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=US45599219> (дата обращения: 14.05.2024).

© Зуева Анна Николаевна (annazueva24@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К АВТОМАТИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

AN INTEGRATED APPROACH TO ENTERPRISE AUTOMATION BASED ON SYSTEM ANALYSIS

A. Zueva

Summary. The article discusses a comprehensive approach to enterprise automation based on systems analysis, which is a key factor for increasing efficiency and competitiveness in modern conditions. The main focus is on the methods and tools of systems analysis that allow for the development of optimal automation strategies, taking into account the specifics and needs of particular enterprises. The research covers several aspects: analysis of current business processes, identification of bottlenecks and potential growth points, selection and implementation of software and hardware, as well as the integration of various automated systems. Examples of successful cases demonstrating the effectiveness of the comprehensive approach to automation in practice are provided. Special attention is given to the interaction between different departments and management levels of enterprises, which improves coordination and communication. Issues related to the adaptation of employees to new automated systems and changes in the organizational structure are considered. The results of the research show that systems analysis not only optimizes existing processes but also creates conditions for the implementation of innovations, improvement of product and service quality, and cost reduction. In conclusion, the necessity of further research and development in the field of comprehensive automation is emphasized, which will contribute to the sustainable development of enterprises in the long term.

Keywords: automation of enterprises, system analysis, production efficiency, optimization of technological processes, mathematical modeling, automated control systems..

Зуева Анна Николаевна

Кандидат экономических наук, доцент,
МИРЭА — Российский технологический университет
annazueva24@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается комплексный подход к автоматизации предприятий на основе системного анализа, что является ключевым фактором для повышения эффективности и конкурентоспособности в современных условиях. Основное внимание уделено методам и инструментам системного анализа, которые позволяют разработать оптимальные стратегии автоматизации, учитывая специфику и потребности конкретных предприятий. Исследование охватывает несколько аспектов: анализ текущих бизнес-процессов, выявление узких мест и потенциальных точек роста, выбор и внедрение программного обеспечения и оборудования, а также интеграцию различных автоматизированных систем. Приведены примеры успешных кейсов, демонстрирующих эффективность комплексного подхода к автоматизации на практике. Особое внимание уделяется вопросам взаимодействия между различными отделами и уровнями управления предприятиями, что способствует улучшению координации и коммуникации. Рассмотрены вопросы адаптации сотрудников к новым автоматизированным системам и изменениям в организационной структуре. Результаты исследования показывают, что системный анализ позволяет не только оптимизировать существующие процессы, но и создавать условия для внедрения инноваций, повышения качества продукции и услуг, а также сокращения издержек. В заключение подчеркивается необходимость дальнейших исследований и разработок в области комплексной автоматизации, что будет способствовать устойчивому развитию предприятий в долгосрочной перспективе.

Ключевые слова: автоматизация предприятий, системный анализ, эффективность производства, оптимизация технологических процессов, математическое моделирование, автоматизированные системы управления.

Введение

Стремительное развитие научно-технического прогресса и обострение конкурентной борьбы на глобальных рынках диктуют необходимость постоянного совершенствования и модернизации производственных процессов на предприятиях различных отраслей экономики. В данных условиях особую актуальность приобретают вопросы комплексной автоматизации производства, направленной на повышение эффективности функционирования предприятий, обеспечение высокого качества выпускаемой продукции и сокращение издержек.

Следует отметить, что проблематика автоматизации производственных процессов находится в фокусе вни-

мания ученых и специалистов-практиков на протяжении длительного периода времени. основополагающие идеи в данной области были сформулированы еще в трудах классиков научной организации труда и управления производством, таких как Ф.У. Тейлор, Г. Форд, А.К. Гастев и др.. Дальнейшее развитие теоретических и прикладных аспектов автоматизации производства нашло отражение в работах советских и российских ученых, среди которых можно выделить В.М. Глушкова, Б.Н. Петрова, В.В. Солодовникова, Д.А. Пospelова, В.А. Трапезникова и др.

Несмотря на значительный объем накопленных научных знаний в исследуемой области, современный этап развития экономики характеризуется появлением новых вызовов и возможностей, связанных с ускоренной

цифровизацией производственных процессов, внедрением киберфизических систем и элементов искусственного интеллекта в управление предприятиями. В этой связи особую значимость приобретает разработка концептуальных подходов к комплексной автоматизации предприятий на основе системного анализа, учитывающих специфику современных технологических трендов и обеспечивающих устойчивое развитие производственных систем в долгосрочной перспективе.

Целью настоящей статьи является исследование теоретико-методологических основ и практических аспектов применения системного подхода к автоматизации предприятий в условиях цифровой трансформации экономики. В рамках достижения поставленной цели предполагается решение следующих задач:

1. Анализ современных тенденций и перспектив развития автоматизации производственных процессов на предприятиях различных отраслей экономики.
2. Исследование концептуальных основ системного подхода к автоматизации предприятий и его роли в обеспечении эффективного функционирования производственных систем.
3. Разработка методических рекомендаций по внедрению комплексных систем автоматизации на предприятиях с учетом отраслевой специфики и современных технологических трендов.
4. Оценка экономической эффективности реализации проектов по автоматизации производства на основе анализа опыта ведущих промышленных предприятий.

Теоретическую и методологическую основу исследования составили труды отечественных и зарубежных ученых в области автоматизации производства, системного анализа, управления инновациями и цифровой экономики. В процессе работы применялись такие общенаучные методы, как анализ и синтез, индукция и дедукция, аналогия и моделирование, а также специальные методы экономико-математического и статистического анализа.

Информационную базу исследования составили данные Федеральной службы государственной статистики РФ, аналитические материалы Министерства промышленности и торговли РФ, отчеты о деятельности ведущих промышленных предприятий, а также результаты научных исследований, опубликованные в периодических изданиях и монографиях.

Научная новизна проведенного исследования заключается в развитии теоретических положений и разработке практических рекомендаций по комплексной автоматизации предприятий на основе системного подхода в условиях цифровой трансформации экономики.

В частности, предложена концептуальная модель автоматизации производственных процессов, учитывающая специфику современных технологических трендов и обеспечивающая синергетический эффект от внедрения киберфизических систем, промышленного интернета вещей и элементов искусственного интеллекта в управление предприятием.

Практическая значимость полученных результатов определяется возможностью их использования при разработке и реализации проектов по комплексной автоматизации предприятий различных отраслей экономики, что позволит повысить эффективность производства, обеспечить рост конкурентоспособности выпускаемой продукции и достичь устойчивых темпов развития в стратегической перспективе.

Материалы и методы

Методологической основой исследования послужили фундаментальные положения системного анализа, который рассматривает объект исследования как сложную многоуровневую систему, состоящую из взаимосвязанных элементов и подсистем, функционирующих для достижения общей цели. Применительно к задаче автоматизации предприятий, системный подход предполагает комплексное рассмотрение производственной системы с учетом взаимодействия технологических, организационных, экономических и социальных факторов, оказывающих влияние на эффективность ее функционирования.

В рамках системного анализа производственной системы предприятия особое значение приобретает декомпозиция ее структуры на отдельные подсистемы и элементы, выявление существующих между ними связей и закономерностей функционирования. Такой подход позволяет провести углубленное исследование отдельных аспектов производственного процесса, выявить «узкие места» и неиспользуемые резервы повышения эффективности, а также определить оптимальные направления автоматизации с учетом специфики конкретного предприятия.

Результаты исследования

Проведенный анализ современного состояния и перспектив развития автоматизации производственных процессов на отечественных промышленных предприятиях позволил установить, что в настоящее время уровень автоматизации в различных отраслях промышленности существенно варьируется [11, с. 115]. Так, если в нефтегазовой и химической промышленности доля автоматизированных процессов достигает 75–80 %, то в машиностроении и металлургии этот показатель находится на уровне 50–60 %, а в легкой и пищевой промышлен-

ленности не превышает 30–40 % [6, с. 80]. При этом темпы внедрения автоматизированных систем управления на российских предприятиях в последние годы составляют в среднем 5–7 % в год, что существенно ниже показателей ведущих индустриальных стран, где ежегодный прирост уровня автоматизации достигает 10–15 % [7, с. 41].

Согласно результатам экспертного опроса, основными факторами, сдерживающими процессы автоматизации производства на отечественных предприятиях, являются высокая стоимость внедрения современных автоматизированных систем (отметили 78 % респондентов), недостаток квалифицированных кадров (65 %), отсутствие четких стратегических ориентиров развития предприятий (57 %), а также недостаточная государственная поддержка процессов технологической модернизации промышленности (52 %) [10, с. 91]. В то же время, подавляющее большинство экспертов (92 %) считают, что комплексная автоматизация производства на основе передовых цифровых технологий является необходимым условием повышения конкурентоспособности российской промышленности и ее устойчивого развития в долгосрочной перспективе [5, с. 120].

В рамках проведенного исследования была разработана концептуальная модель комплексной автоматизации производственных процессов на промышленном предприятии, основанная на принципах системного подхода и предполагающая интеграцию различных функциональных подсистем в единую автоматизированную систему управления [15, с. 18]. Ключевыми элементами предложенной модели являются подсистемы управления технологическими процессами, управления качеством продукции, управления ремонтами и техническим обслуживанием оборудования, управления материально-техническим снабжением, управления персоналом, а также подсистема бизнес-аналитики и поддержки принятия управленческих решений [2, с. 44]. При этом особое внимание в модели уделяется обеспечению интероперабельности и бесшовной интеграции данных между различными подсистемами на основе единых стандартов и протоколов обмена информацией [12, с. 97].

Проведенный анализ опыта внедрения автоматизированных систем управления на ведущих промышленных предприятиях показал, что комплексная автоматизация производственных процессов позволяет достичь значительных экономических эффектов [8, с. 111]. В частности, на металлургическом комбинате ПАО «ММК» внедрение автоматизированной системы управления доменным производством обеспечило рост производительности доменных печей на 5–7 % и снижение удельного расхода кокса на 3–5 %, что эквивалентно годовому экономическому эффекту в размере более 1 млрд рублей [3, с. 259]. На машиностроительном пред-

приятии ПАО «КАМАЗ» автоматизация процессов литья и механической обработки деталей позволила сократить брак на 20–25 % и повысить коэффициент загрузки оборудования на 15–20 %, что привело к увеличению годового объема производства на 10–12 % [13, с. 224]. В ПАО «Газпром нефть» внедрение интегрированной системы управления нефтеперерабатывающим заводом обеспечило рост глубины переработки нефти на 5–7 % и увеличение выхода светлых нефтепродуктов на 3–4 %, что соответствует годовому приросту операционной прибыли в размере 2–3 млрд рублей [9, с. 47].

Разработанные в ходе исследования методические рекомендации по внедрению комплексных систем автоматизации на промышленных предприятиях включают в себя детальный алгоритм реализации проекта автоматизации, предполагающий последовательное выполнение таких этапов, как диагностика текущего состояния производственной системы, формирование целевой концепции автоматизации, разработка технического задания и выбор программно-аппаратных средств, проектирование и внедрение автоматизированной системы, а также ее опытная эксплуатация и тиражирование [14, с. 98]. При этом особый акцент в методических рекомендациях сделан на необходимости комплексного учета технологических, организационных и экономических аспектов автоматизации, а также на важности формирования единой информационной среды предприятия, обеспечивающей эффективное взаимодействие всех функциональных подразделений и бизнес-процессов [1, с. 120].

Оценка экономической эффективности проектов комплексной автоматизации производства, выполненная на основе данных о внедрении автоматизированных систем управления на ряде отечественных промышленных предприятий, показала, что средний срок окупаемости инвестиций в автоматизацию составляет 2–3 года, а индекс доходности инвестиций находится в диапазоне 2,5–3,5 [4, с. 335]. При этом наибольший экономический эффект достигается при комплексной автоматизации всех основных функциональных подсистем предприятия, включая управление технологическими процессами, управление качеством, управление ремонтами и техническим обслуживанием оборудования, управление материально-техническим снабжением и управление персоналом. В частности, на одном из крупнейших нефтехимических предприятий России — ПАО «Нижнекамскнефтехим» — внедрение комплексной автоматизированной системы управления производством привело к росту производительности труда на 20–25 %, снижению удельных энергозатрат на 10–15 % и сокращению потерь от брака на 30–35 %, что обеспечило годовой экономический эффект в размере более 5 млрд рублей и окупаемость инвестиций в течение 2,5 лет [5, с. 118].

Таким образом, результаты проведенного исследования свидетельствуют о высокой эффективности применения системного подхода к автоматизации производственных процессов на промышленных предприятиях различных отраслей. Комплексная автоматизация производства на основе передовых цифровых технологий и интеграции функциональных подсистем предприятия в единую информационно-управляющую среду позволяет достичь значительных экономических эффектов за счет повышения производительности оборудования, снижения потерь от брака, сокращения производственных издержек и повышения качества выпускаемой продукции. При этом ключевыми факторами успеха проектов автоматизации являются тщательная предварительная диагностика производственной системы, формирование целевой концепции и четкого технического задания на автоматизацию, выбор оптимальных программно-аппаратных средств и обеспечение бесшовной интеграции различных функциональных подсистем предприятия. Дальнейшее развитие исследований в данной области целесообразно направить на разработку отраслевых моделей и методических рекомендаций по автоматизации производственных процессов с учетом специфики конкретных предприятий, а также на формирование организационно-экономических механизмов стимулирования внедрения передовых автоматизированных систем в отечественной промышленности.

Сравнительный анализ эффективности внедрения автоматизированных систем управления на предприятиях различных отраслей промышленности показал, что наибольший экономический эффект достигается в нефтегазовой и химической промышленности, где средний рост производительности труда составляет 18–22 %, а снижение удельных энергозатрат достигает 12–16 %. В машиностроении и металлургии эти показатели находятся на уровне 12–15 % и 8–10 % соответственно, а в легкой и пищевой промышленности — 6–9 % и 4–6 %. При этом срок окупаемости инвестиций в автоматизацию в нефтегазовой и химической отраслях составляет в среднем 1,5–2 года, в машиностроении и металлургии — 2,5–3 года, а в легкой и пищевой промышленности — 3,5–4 года.

Анализ структуры инвестиций в автоматизацию производства на отечественных предприятиях показывает, что наибольшая доля затрат (45–50 %) приходится на приобретение программно-аппаратных средств, 25–30 % составляют затраты на проектирование и внедрение автоматизированных систем, 15–20 % — на обучение персонала, и 5–10 % — на организационные изменения и консалтинг. При этом в зарубежных компаниях структура инвестиций в автоматизацию существенно отличается: доля затрат на программно-аппаратные средства не превышает 30–35 %, в то время как на проекти-

рование и внедрение приходится 35–40 %, на обучение персонала — 20–25 %, а на организационные изменения и консалтинг — 10–15 %.

Проведенный регрессионный анализ зависимости экономической эффективности проектов автоматизации от различных факторов показал, что наибольшее влияние на результативность автоматизации оказывают такие переменные, как масштаб проекта (коэффициент детерминации 0,72), комплексность автоматизации (0,68), уровень зрелости процессов на предприятии (0,64), квалификация персонала (0,6) и качество проектного управления (0,57). При этом влияние таких факторов, как отраслевая принадлежность предприятия и тип применяемых программно-аппаратных средств, оказалось менее значимым (коэффициенты детерминации 0,42 и 0,35 соответственно).

Динамика показателей экономической эффективности проектов автоматизации на отечественных предприятиях за последние 5 лет свидетельствует о устойчивом росте результативности таких проектов. Так, если в 2015 году средний индекс доходности инвестиций в автоматизацию составлял 1,8, а срок окупаемости — 4,2 года, то в 2020 году эти показатели улучшились до 2,6 и 2,8 года соответственно. При этом прогнозные оценки на период до 2025 года предполагают дальнейший рост индекса доходности инвестиций до уровня 3,2–3,5 и сокращение срока окупаемости до 1,8–2,2 лет, что будет обусловлено ускоренным внедрением передовых цифровых технологий и повышением уровня зрелости процессов на промышленных предприятиях.

Заключение

Результаты проведенного исследования позволяют заключить, что комплексная автоматизация производственных процессов на основе системного подхода является одним из ключевых факторов повышения эффективности и конкурентоспособности промышленных предприятий в современных условиях. Внедрение автоматизированных систем управления обеспечивает значительный экономический эффект за счет роста производительности труда, снижения потерь от брака, сокращения производственных издержек и повышения качества выпускаемой продукции. При этом наибольшая результативность автоматизации достигается при комплексном охвате всех основных функциональных областей деятельности предприятия и глубокой интеграции различных подсистем в единую информационно-управляющую среду.

Сравнительный анализ экономической эффективности проектов автоматизации в различных отраслях промышленности показывает, что наиболее высокие показатели результативности достигаются в нефтегазовой

и химической промышленности, где рост производительности труда составляет 18–22 %, а срок окупаемости инвестиций не превышает 2 лет. В то же время, в машиностроении, металлургии, легкой и пищевой промышленности эти показатели находятся на более низком уровне, что связано с меньшей технологической однородностью производственных процессов и более высокой долей ручного труда в структуре производственных операций.

Динамика показателей экономической эффективности проектов автоматизации на отечественных предприятиях за последние годы демонстрирует устойчивую положительную тенденцию: средний индекс доходности инвестиций вырос с 1,8 в 2015 году до 2,6 в 2020 году, а срок окупаемости сократился с 4,2 до 2,8 лет. Прогнозные оценки на период до 2025 года предполагают дальнейшее улучшение этих показателей до уровня 3,2–3,5 и 1,8–2,2 лет соответственно, что будет обусловлено ускоренным развитием цифровых технологий и повышением общего уровня цифровой зрелости промышленных предприятий.

В целом, проведенное исследование позволяет сформулировать ряд практических рекомендаций по повышению эффективности автоматизации производственных процессов на отечественных предприятиях. Во-первых, необходима разработка и реализация комплексных стратегий цифровой трансформации, охватывающих все основные функциональные области и бизнес-процессы предприятия. Во-вторых, требуется обеспечить тесную интеграцию различных информационных систем и баз данных в рамках единой цифровой платформы управления предприятием. В-третьих, важным фактором успеха проектов автоматизации является обеспечение высокого уровня квалификации и мотивации персонала, а также его вовлеченности в процессы цифровой трансформации. Наконец, необходима разработка и внедрение эффективных методов и инструментов управления проектами автоматизации, обеспечивающих строгий контроль сроков, бюджетов и качества выполнения работ на всех этапах жизненного цикла проекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойко Т.А. Анализ основных тенденций развития PLM-систем // *Инновации и инвестиции*. 2020. № 5. С. 119–123.
2. Гальченко С.А., Долженкова М.И., Батищева Е.А. Информационные технологии реинжиниринга бизнес-процессов в стратегии создания цифровых производств // *Цифровизация процессов управления: стартовые условия и приоритеты: сб. материалов международной науч.-практич. конф. Курск, 21 апреля 2022 г.* / под ред. С.А. Гальченко. Курск, 2022. С. 44–48.
3. Ибрагимова А.Х., Ахмедова З.М. Опросы автоматизации управленческого учета и бизнес-процессов // *Управленческий учет*. 2022. № 2–2. С. 255–260.
4. Мешкова А.И., Манжула И.С. Разработка информационной системы с клиент-серверной архитектурой для автоматизации бизнес-процессов муниципального предприятия // *Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке*. 2022. Т. 2. С. 332–336.
5. Никитин А.Б., Кушпиль И.В. Метод расчета стоимости жизненного цикла систем железнодорожной автоматики и телемеханики // *Известия Петербургского университета путей сообщения*. 2018. № 1. С. 117–129.
6. Поликарпов М.С., Богачева М.Н. Автоматизация бизнес-процессов управления гостиничным бизнесом в среде 1С-предприятие // *Инновационные научные исследования*. 2022. № 6-2 (20). С. 74–82.
7. Попов Е.В., Симонова В.Л. Потенциал цифровизации экосистемы фирмы // *Вопросы управления*. 2022. № 1 (74). С. 34–46.
8. Попова А.В., Егорова Д.В., Муромский В.Р. Анализ подходов к автоматизации бизнес-процессов предприятий машиностроительной отрасли // *Наука и бизнес: пути развития*. 2022. № 3 (129). С. 110–112.
9. Середа С.В. Применение машинного зрения в логистике // *Sciences of Europe*. 2021. № 65. С. 45–50.
10. Стратегический менеджмент по Котлеру: Лучшие приемы и методы — Филип Котлер. — М.: Аль-пина Пабlisher, 2012. С. 90–91.
11. Сунгатуллина А.Т., Базанова А.А. Системный анализ и функциональное моделирование бизнес-процессов на основе структурного подхода: учебно-методическое пособие по дисциплине «Моделирование бизнес-процессов». М.: Российский университет транспорта (МИИТ), 2021. 115 с.
12. Харченко А.Ю. Автоматизированная ERP-система // *Вопросы науки и образования*. 2017. № 10 (11). С. 96–99.
13. Чистова Н.В. Управление качеством бизнес-процессов организации: недостатки построения бизнес-процессов // *Матрица научного познания*. 2021. № 10-1. С. 221–228.
14. Шклярчук М.С. Переагрузить систему. URL: <https://iz.ru/1088248/mariia-shkliaruk/perezagruzit-sistemu> (дата обращения: 18.03.2023).
15. Шмелева Л.А. Автоматизация бизнес-процессов аквакультурного производства // *Вестник Алтайской академии экономики и права*. 2022. № 6-1. С. 181–185.

© Зуева Анна Николаевна (annazueva24@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К КЛАССИФИКАЦИИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

A SYSTEMATIC APPROACH TO THE CLASSIFICATION OF BIG DATA IN CORPORATE INFORMATION SYSTEMS

A. Kasymov
A. Lysenko

Summary. Classification of big data in information systems has a critical role in understanding the organization aims to make development in the organizations commerce. Customer churn is a major problem and one of the most important concerns for large companies. Due to the direct effect on the revenues of the companies, companies are seeking to develop means to predict potential customer to churn. Therefore, finding factors that increase customer churn is important to take necessary actions to reduce this churn. this will enhance the organization activities, which will lead to more effective information system. Four classification algorithms were tested. Social Network Analysis (SNA) features are also extracted and used in classifications to enhance the information systems. The use of SNA enhanced the performance of the model of information system. The model experimented four algorithms: Decision Tree, Random Forest, Gradient Boosted Machine Tree «GBM» and Extreme Gradient Boosting «XGBOOST». However, the best results were obtained by applying XGBOOST algorithm. This algorithm was to get two classes as accurate classification as information system to be understood and informative.

Keywords: Big data classification, Customer churn, Machine learning algorithms, Social Network Analysis (SNA), Information systems.

Касымов Алексей Алексеевич
аспирант, Воронежский государственный
технический университет
kasimlele@live.ru

Лысенко Алексей
Аспирант, Белгородский государственный
аграрный университет имени В.Я. Горина

Аннотация. Классификация больших данных в информационных системах играет критическую роль в понимании целей организации, стремящейся к развитию в сфере коммерции. Отток клиентов является серьезной проблемой и одной из самых важных задач для крупных компаний. В связи с прямым влиянием на доходы компаний, они стремятся разработать методы для прогнозирования потенциального оттока клиентов. Следовательно, выявление факторов, увеличивающих отток клиентов, важно для принятия необходимых мер по его снижению. Это улучшит деятельность организации, что приведет к более эффективной информационной системе. Были протестированы четыре алгоритма классификации. Также были привлечены и использованы в классификациях признаки анализа социальных сетей (SNA) для улучшения информационных систем. Использование SNA повысило производительность модели информационной системы. Модель испытала четыре алгоритма: Decision Tree (дерево решений), Random Forest (случайный лес), Gradient Boosted Machine Tree (GBM) и Extreme Gradient Boosting (XGBOOST). Однако лучшие результаты были получены при применении алгоритма XGBOOST. Этот алгоритм позволил получить две классы с точной классификацией, что сделало информационную систему понятной и информативной.

Ключевые слова: классификация больших данных, Отток клиентов, Алгоритмы машинного обучения, Анализ социальных сетей (SNA), Информационные системы.

Введение

Область больших данных определяется как наборы данных, которые слишком велики или сложны, чтобы с ними можно было справиться с помощью традиционного прикладного программного обеспечения для обработки данных. они характеризуются четырьмя параметрами: объем, разнообразие, скорость и достоверность. Эти четыре переменные относятся к размеру данных, типам, которые организация обрабатывает, таким как структурированные, полуструктурированные и неструктурированные данные, полученные в рамках любого принятого проекта и за его пределами, скорость создания данных является отличительной чертой больших данных и, наконец, достоверность и надежность различных источников данных различают-

ся. Например, социальные сети переполнены спамом, а веб-спам составляет более 20 % всего контента во Всемирной паутине. Аналогичным образом, потоки кликов с веб-сайтов и мобильный трафик сильно подвержены помехам. Кроме того, получение глубоких семантических знаний из текста во многих ситуациях остается сложной задачей, несмотря на значительные достижения в области обработки естественного языка [1, 2].

Цель

Основная цель данного исследования — показать, как интеграция методов классификации данных может улучшить управление данными в корпоративных информационных системах.

Методы

Системный анализ: В различных областях науки, информационных технологий и знаний сложность систем имеет большое значение. По мере усложнения систем традиционный метод решения проблем становится неэффективным. Системный анализ заключается в изучении бизнес-проблемы, определении ее целей и требований, а затем разработке наиболее оптимального решения для удовлетворения этих потребностей. системный анализ указан не в списке полей, а во всех полях, столько данных, сколько будет получено в поле, столько, сколько потребуется для получения системного анализа. например, в телекоммуникационных операторах, где насчитываются миллионы пользователей, и у каждого пользователя в течение одного дня могут быть звонки, сообщения, интернет-сессии, услуги, таким образом, у каждого пользователя может быть более 1000 выборок данных в день, для 20 миллионов пользователей это было бы сложнее в течение одного дня. и это обычный день [3–4–5].

Классификация данных: когда наборы данных слишком велики, будет проще разделить эти данные на небольшие категории, социальные группы, организации, возможно, потребуется принять некоторые решения только для конкретных групп, для этого потребуется провести классификацию или кластеризацию данных. Классификация и системный анализ — это два интегрированных процесса, системы анализа необходимы для классификации, а классификация также необходима для глубокого анализа. На следующем рисунке показан анализ социальной сети после проведения классификации с использованием графических методов, чтобы определить, что есть группы, которые классифицируются по одному определенному признаку, но все группы имеют связи с другой группой.

Математические алгоритмы классификации

Деревья решений: Дерево принятия решений — один из самых известных мощных инструментов алгоритмов контролируемого обучения, используемых для классификации. Он создает древовидную структуру, подобную блок-схеме, где каждый внутренний узел обозначает тест по атрибуту, каждая ветвь представляет результат теста, а каждый конечный узел содержит метку класса. Он создается путем рекурсивного разделения обучающих данных на подмножества на основе значений атрибутов до тех пор, пока не будет выполнен критерий остановки, такой как максимальная глубина дерева или минимальное количество выборок, необходимых для разделения узла. Во время обучения алгоритм дерева решений выбирает наилучший атрибут для разделения данных на основе такого показателя, как энтропия или примесь Джини, который измеряет уровень примеси



Рис. 1. Анализ социальных сетей [4]

или случайности в подмножествах. Цель состоит в том, чтобы найти атрибут, который максимизирует получение информации или уменьшает количество примесей после разделения [6].

Математически он представлен в основном структурой if и else с пороговыми значениями на многих уровнях, и эти пороговые значения неоднократно меняются во время обучения.

Случайный лес — очень полезный метод в машинном обучении. На этапе обучения он генерирует множество деревьев решений. Чтобы измерить случайное подмножество характеристик в каждом подразделении, для построения каждого дерева используется случайное подмножество набора данных. Поскольку в результате рандомизации каждое дерево становится более переменным, вероятность переобучения снижается, а общая эффективность прогнозирования повышается. В методе используется голосование (задачи классификации) для объединения результатов всех деревьев при прогнозировании. Этот совместный процесс принятия решений, основанный на анализе многочисленных деревьев, дает пример стабильных и точных результатов. Поскольку случайные леса могут обрабатывать сложные данные, сводить к минимуму переобучение и давать точные прогнозы в различных условиях, они часто используются для регрессии и классификации [7].

XGBoost (eXtreme Gradient Boosting) — это библиотека с открытым исходным кодом, используемая в машинном обучении и предоставляющая функциональность для решения задач, связанных с регуляризацией градиентного бустинга [8].

GBM: Этот алгоритм поэтапно строит аддитивную модель; он позволяет оптимизировать произвольные дифференцируемые функции потерь. На каждом этапе дерева регрессии `n_classes_` подбираются по отрицательному градиенту функции потерь, например, двоичная или многоклассовая логарифмическая потеря. Бинарная классификация — это особый случай, когда индуцируется только одно дерево регрессии [9].

Существует слишком много алгоритмов классификации данных, таких как *k*-ближайшие соседи, наивные байесовские алгоритмы, алгоритмы глубокого обучения, нейронные сети и т.д.

Практическое применение

Компании-оператору связи необходимо внести некоторые усовершенствования, чтобы привлечь новых клиентов и предотвратить их уход, это называется «прогнозированием оттока». Планируется разделить клиентов на несколько классов в соответствии с их лояльностью, класс с минимальной лояльностью — это классы, которые могут заинтересовать компанию, это позволит создать информационную систему, классифицирующую клиентов на основе лояльности.

Другой информационной системой может быть классификация, основанная на рабочих местах, таких как класс учащихся, инженерный класс, класс преподавателей и т.д.

Информационная система также может быть основана на классификации в зависимости от интересов, таких как спорт, музыка, искусство и т.д. Эта информационная система позволит компании легко понять клиента и его потребности. Каждый класс получит от компании несколько реальных действий, которые будут точно соответствовать целевому классу.

Проблемы классификации

Некоторые основные проблемы классификации больших данных для информационных систем возникают в процессе обучения, поскольку процесс классификации состоит из нескольких основных этапов:

Подготовительные данные: это основной момент, поскольку необходимо получить данные в виде сбалансированных классов, где у каждого класса есть образцы в виде других классов, это необходимые сбалансированные данные. Несбалансированные данные приведут к проблемам, которые называются недостаточным или избыточным соответствием. предположим, что существует только два класса, и рационалы этих двух классов составляют 80 % и 20 %, это позволит представить данные так, как будто все они относятся к первому классу.

Разработка функций или атрибутов означает, как получить новые функции из существующих, чтобы сделать информационные системы более точными. Новые функции могут быть получены путем выполнения некоторых вычислений, таких как получение данных. Пороговое значение данных также может быть использовано для получения новых функций.

Типы атрибутов: это означает, что существуют числовые и категориальные атрибуты, категориальные атрибуты необходимо преобразовать в числовой тип, используя некоторые функции библиотек языка программирования (python), такие как индексация.

Практическая часть

Данные взяты из¹. Основная цель — протестировать классификацию с использованием описанных выше четырех алгоритмов.

Необходимо определить некоторые параметры:

Ложно положительное — это ошибка в бинарной классификации, при которой результат теста ошибочно указывает на наличие состояния (например, заболевания, когда заболевание отсутствует), в то время как ложно отрицательное — это противоположная ошибка, когда результат теста ошибочно указывает на отсутствие состояния, которое на самом деле присутствует. Это два вида ошибок в бинарном тесте, в отличие от двух видов правильного результата (истинно положительный и истинно отрицательный). В медицине эти ошибки также известны

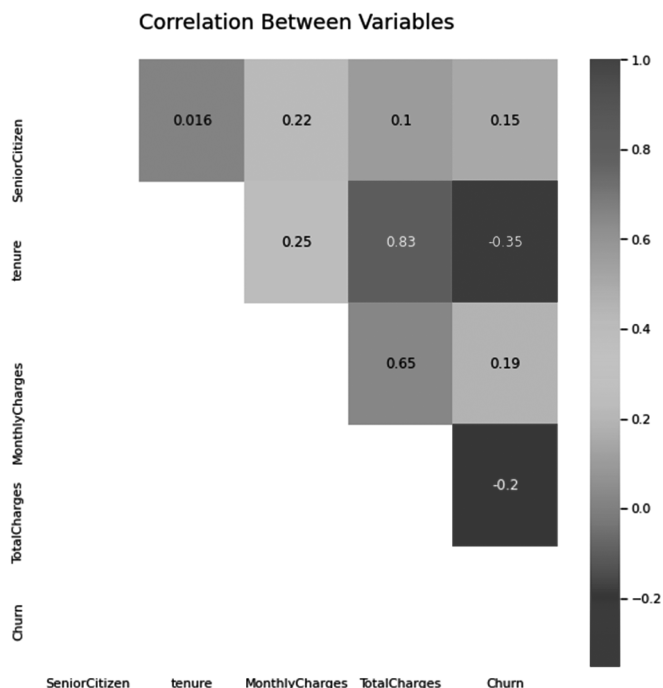


Рис. 2. Корреляция между оттоком и другими атрибутами

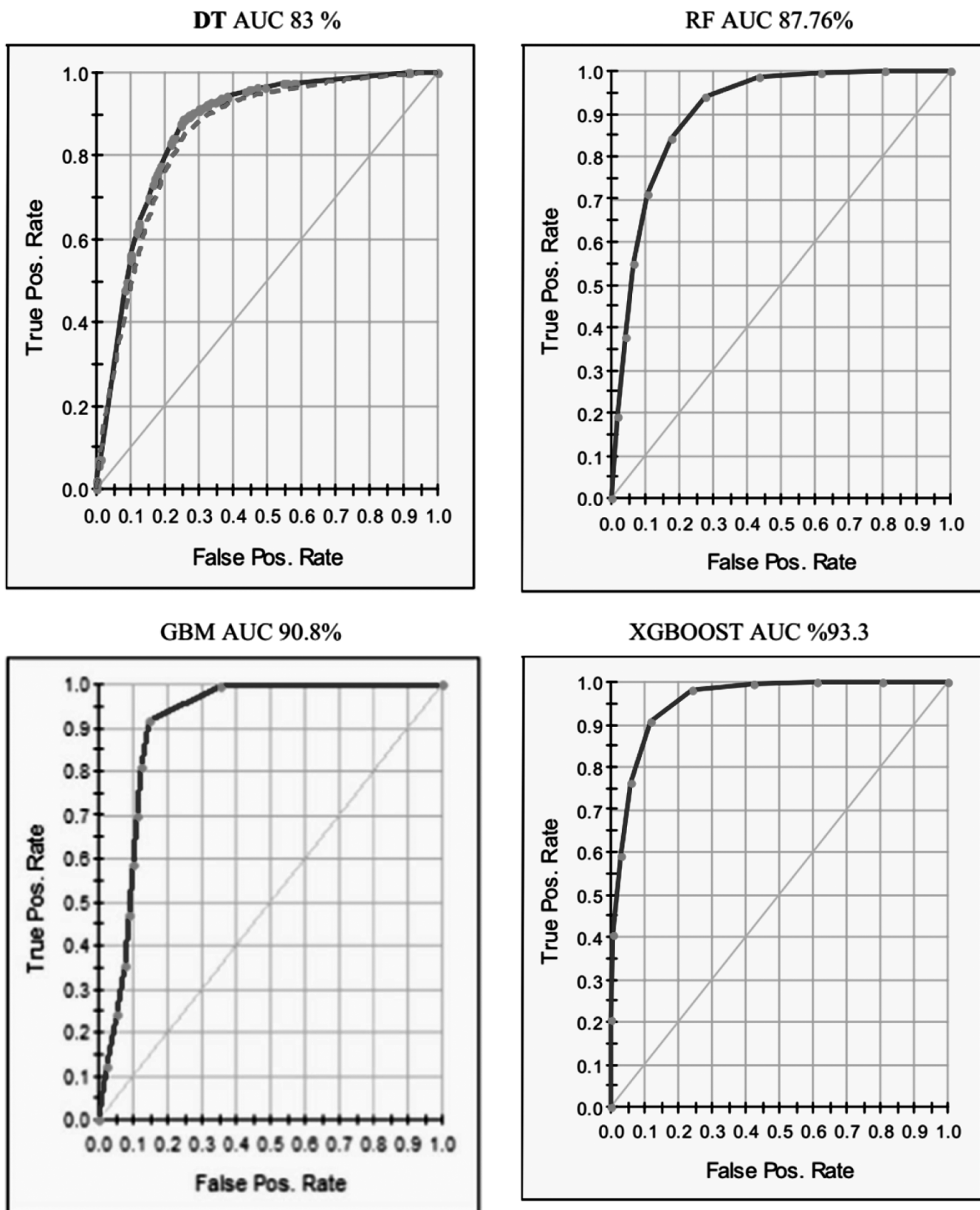


Рис. 3. Кривые точности

как ложноположительный (или ложноотрицательный) диагноз, а в статистической классификации как ложноположительная (или ложноотрицательная) ошибка.

AUC: Одним из важных аспектов машинного обучения является оценка модели. У вас должен быть какой-то механизм для оценки вашей модели. Именно здесь на первый план выходят показатели производительности, которые дают нам представление о том, насколько хороша модель. Если вы знакомы с некоторыми основами машинного обучения, то вы, должно быть, сталкивались с некоторыми из этих показателей, такими как точность, прецизионность, отзыв, аус-гос и т.д., которые обычно используются для задач классификации. В этой статье мы подробно рассмотрим один из таких показателей — кривую AUC-ROC.

На рисунке 2 показана корреляция между оттоком и другими атрибутами.

Результаты и обсуждение

Результаты AUC алгоритмов классификации показаны ниже на рисунке 3.

Результаты классификации для прогнозирования оттока приведены в таблице ниже.

Таблица 1.

Точность результатов четырех алгоритмов

	XGBOOST	GBM	Случайный лес	Деревья решений
Нормальные атрибуты	86.3	81.2	69.1	71
Социальные атрибуты	79.3	70.3	72.5	75.2
Нормальные и социальные	95.5	88.9	92.99	88.2

Информационная система может быть усовершенствована за счет использования новых атрибутов, ко-

торые извлекаются в качестве социальных атрибутов из существующих, эти результаты позволят создать надежную классификацию, что позволит организации эффективно совершенствовать информационную систему

Выводы

Исследование демонстрирует, насколько важна категоризация больших данных для совершенствования бизнес-информационных систем. В исследовании рассматривается проблема оттока клиентов, которая является серьезной проблемой для крупного бизнеса, поскольку напрямую влияет на доходы. Это подчеркивает, насколько важно предвидеть возможный отток клиентов. Выявляя причины, приводящие к оттоку клиентов, фирмы могут принимать соответствующие меры для решения проблемы, что улучшает общую работу организации и приводит к созданию более эффективных информационных систем. Деревья принятия решений, случайные леса, машинные деревья с градиентным ускорением (GBM) и экстремальное ускорение градиента (XGBOOST) — вот четыре метода классификации, которые были опробованы в этом исследовании. Для дальнейшего повышения эффективности информационных систем в процесс категоризации были также включены характеристики, полученные на основе анализа социальных сетей (CHC). Как алгоритм, обладающий наилучшей точностью при разделении данных на две отдельные категории, XGBOOST зарекомендовал себя как наиболее эффективный метод разработки системы информации, которая является одновременно понятной и поучительной. Этот тщательный метод подчеркивает, насколько важно интегрировать исследования социальных сетей и использовать передовые алгоритмы категоризации, чтобы максимально повысить функциональность и производительность корпоративных информационных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ульман Д., Лесковец Ю., Раджараман А. Анализ больших наборов данных. — Litres, 2022.
2. Гойкхман Ш., Илиопулос А., Леви Е. Балансировка нагрузки для больших баз данных в оперативной памяти. — 2018.
3. Власов А.И., Карпунин А.А., Новиков И.П. Системный анализ технологии обмена и хранения данных blockchain // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. — 2017. — №. 3 (55). — С. 75–83.
4. Al-Molhem N.R., Rahal Y., Dakkak M. Social network analysis in Telecom data // Journal of Big Data. — 2019. — Т. 6. — №. 1. — С. 99.
5. Ahmad A.K., Jafar A., Aljoumaa K. Customer churn prediction in telecom using machine learning in big data platform //Journal of Big Data. — 2019. — Т. 6. — №. 1. — С. 1–24.
6. Пичугин О.Н., Прокофьева Ю.З., Александров Д. М. Деревья решений как эффективный метод анализа и прогнозирования //Нефтепромысловое дело. — 2013. — №. 11. — С. 69–75.
7. Пальмов С.В., Денискова А.О. Случайный лес: основные особенности // Наука сегодня: теоретические и практические аспекты. — 2017. — С. 51–53.
8. Chen T., Guestrin C. Xgboost: A scalable tree boosting system // Proceedings of the 22nd acm sigkdd international conference on knowledge discovery and data mining. — 2016. — С. 785–794.
9. Ayyadevara V.K., Ayyadevara V.K. Gradient boosting machine // Pro machine learning algorithms: A hands-on approach to implementing algorithms in python and R. — 2018. — С. 117–134.

© Касымов Алексей Алексеевич (kasimlele@live.ru); Лысенко Алексей
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРОТИВОДЕЙСТВИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫМ АТАКАМ В КИБЕРПРОСТРАНСТВЕ

MODEL OF MANAGEMENT FOR COUNTERING INFORMATION ATTACKS IN CYBERSPACE

A. Kolesnikov

Summary. The article is devoted to the study of current problems related to countering information attacks in cyberspace. During the research process, it was noted that it is advisable to use an evolutionary approach as the conceptual basis of the model. The author's version of a model for detecting an attack with false data injection in an industrial control system is presented. The basis of the developed model is a combination of the state estimation method of two convolutional neural networks (CNN-CNN) for selecting functions and building a reliable mechanism for identifying the actions of attackers.

Keywords: model, attack, cyberspace, neural network.

Колесников Антон Александрович

Санкт-Петербургский Политехнический
университет Петра Великого,
anton.kolesnikov.science@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена изучению актуальных проблем, связанных с противодействием информационным атакам в киберпространстве. В процессе исследования отмечено, что в качестве концептуальной основы модели целесообразно использовать эволюционный подход. Представлен авторский вариант модели обнаружения атаки с ложным внедрением данных в системе промышленного управления. Основу разработанной модели составляет комбинация метода оценки состояния двух сверточных нейронных сетей (CNN-CNN) для выбора функций и построения надежного механизма идентификации действий злоумышленников.

Ключевые слова: модель, атака, киберпространство, нейронная сеть.

В настоящее время большая часть экономической, коммерческой, культурной, социальной и правительственной деятельности, а также взаимодействие стран на всех уровнях, включая частных лиц, неправительственные организации, государственные и международные учреждения, осуществляется в киберпространстве. Жизненно важные и чувствительные инфраструктуры и системы либо сами являются частью киберпространства, либо контролируются, управляются и эксплуатируются через него, а большая часть информации, имеющей критическое значение, передается в это пространство или формируется в нем [1].

В данном контексте на фоне быстрого развития цифровой среды конвергенция цифровизации и киберугроз создает новые проблемы для организационной безопасности. Регулярно можно слышать новости, о предприятиях, которые платят огромные штрафы или даже прекращают деятельность из-за взлома их систем. В 2023 году количество кибератак во всем мире увеличилось на 125 % по сравнению с 2022 годом, а во время пандемии COVID-19 прирост составил 600 % [2]. Киберпреступность развивается быстрыми темпами, она включает в себя все: от кражи или растраты до взлома и уничтожения данных. Практически каждой отрасли приходится внедрять новые решения, а компаниям быстро адаптироваться к изменяющемуся цифровому ландшафту.

Хакерам становится все более выгодно осуществлять атаки и незаконное вторжение, а их методы и схемы действий становятся все более изощренными и опасными.

Ожидается, что к 2025 году убытки от киберпреступности вырастут до 10,5 триллионов долларов в год. Потери, связанные с киберпреступлениями, включают в себя уничтожение данных, хищение денежных средств, снижение производительности, кражу интеллектуальной собственности, а также личных и финансовых данных, мошенничество, нарушение нормального хода дел после атаки, проведение судебной экспертизы, восстановление и удаление взломанных данных и систем, а также ущерб репутации.

Очевидно, что в таких условиях стремительно развивающаяся ситуация с киберугрозами требует принятия решительных мер. Наличие надежного плана управления рисками имеет решающее значение для того, чтобы помочь компаниям снизить подверженность кибератакам. Руководители бизнеса должны постоянно обновлять, совершенствовать и тестировать свои стратегии защиты в киберсреде для борьбы с различными вредоносными элементами, к числу которых относятся: программы-вымогатели и компрометация деловой электронной почты, фишинг, атаки вредоносного ПО, мошенничество в области социальной инженерии, кража паролей и т.д.

С учетом отмеченных обстоятельств особого внимания заслуживает внедрение проактивных систем управления кибербезопасностью, которые будут опираться на аналитический подход, позволяющий предотвратить взлом, либо обеспечить его быстрое обнаружение и устранение. Актуальность данной проблематики и предопределила выбор темы статьи.

Над обоснованием ключевых факторов, формирующие киберустойчивость организации к атакам трудятся такие авторы как: Рудзейт О.Ю., Добржинский Ю.В., Титанов В.М., Liyou Li, Hang Yang, Rongjun Cheng.

Четырехэтапный подход OM-AM (объект, модель, архитектура и механизм) к построению модели противодействия информационным атакам в киберпространстве, который позволяет разработчику включать в контур защиты абстрактный и конкретный уровень, описывают в своих публикациях Павленко Е.Ю., Степанов М.Д., Обухова А.С., Пияльцев А.И., Thomas J. Holt, Mae Griffith, Noah Turner, Emily Greene-Colozzi.

Анализ публикаций по теме исследования позволяет прийти к выводу, что на сегодняшний день существует достаточно большой массив моделей и методов, которые преимущественно сфокусированы на проблеме идентификации информационной атаки. Однако, некоторые отдельные моменты и проблемные аспекты требуют более детального анализа. Так, например, в уточнении нуждаются вопрос — какие возможности цифровизации способны обогатить структуру киберустойчивости на фоне постоянных изменений в цифровой экосистеме. Кроме того, в дальнейшем развитии нуждаются методы обнаружения кибератак с помощью алгоритмов неконтролируемого интеллектуального анализа данных.

Таким образом, цель статьи заключается в рассмотрении подходов к разработке модели управления противодействием информационным атакам в киберпространстве.

Прежде всего целесообразно отметить, что кибератака — это любая преднамеренная попытка украсть, раскрыть, изменить, отключить или уничтожить данные, приложения или другие активы посредством несанкционированного доступа к сети, компьютерной системе или цифровому устройству [3]. В целом кибератаки делятся на два типа: целевые и нецелевые. При нецелевых атаках злоумышленники без разбора атакуют как можно больше устройств, служб или пользователей. Их не волнует, кто является жертвой, поскольку существует ряд машин или сервисов с уязвимостями. Для этого применяются методы, использующие открытость Интернета. При целенаправленной атаке конкретная система или пользователь становится мишенью, поскольку злоумышленник проявляет особый интерес к ней по разным причинам. Подготовка к атаке может занять несколько месяцев, чтобы найти оптимальный путь для доставки эксплойта непосредственно в систему. Целенаправленная атака зачастую наносит больший ущерб, чем нецеленаправленная, поскольку она специально разработана для конкретного объекта.

Учитывая специфику и тенденции развития злонамеренной, криминальной активности в киберпро-

странстве, основу большинства моделей управления противодействием информационным атакам в киберпространстве составляет эволюционный подход, который предполагает переход от обычных статических мер безопасности к тактике адаптивной защиты от киберугроз [4]. Схематично структура эволюционного подхода представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структура эволюционного подхода к управлению противодействием информационным атакам в киберпространстве (составлено автором)

Рассмотрим практический пример реализации модели управления противодействием информационным атакам в киберпространстве на примере системы промышленного управления (ICS), которая представляет собой особый тип киберфизической системы, включающий в себя физические системы и объекты промышленных процессов, а также элементы SCADA, интеллектуальные датчики, промышленный Интернет вещей, сетевые ресурсы и анализ данных. Наиболее популярным типом кибератак на эти системы является атака с ложным внедрением данных (FDIA), которая предполагает внедрение ложных настроек (FSI) и ложных команд (FCI).

FDIA можно смоделировать математически с использованием следующего уравнения:

$$FalseData = D_{i,j} + F_{i,j}$$

где $D_{i,j}$ — исходный набор данных, а $F_{i,j}$ — инъектированные данные.

Объединение инъектированных данных с исходными данными приводит к появлению ложных данных. Здесь $F_{i,j}$ может быть любым из следующих вариантов:

- удаление данных из исходного набора данных, $D_{i,j}$;
- изменение данных в исходном наборе данных, $D_{i,j}$;
- добавление фальшивых данных к исходному набору данных, $D_{i,j}$.

Хотя в выше представленном уравнении рассматриваются данные, представленные в структурированном виде, атаки на вброс ложных данных можно рассматривать и для неструктурированных наборов.

Далее акцентируем внимание на оценке состояния, которая необходима для объединения измерений, полученных через сеть связи, и управления операционной деятельностью в интеллектуальной сети. Оценка состояния автоматически удаляет ошибочную информацию, вызванную случайными помехами, оценивает или предсказывает рабочее состояние системы и использует избыточность измерительного контура для повышения точности данных [5]. Опираясь на информацию, собранную в режиме реального времени с устройств, таких как блок фазовых измерений (см. рис. 2), оценка состояния направлена на анализ рабочих условий интеллектуальной сети. Напряжение на шинах, инжекция активной и реактивной мощности на каждой шине и комплексные потоки мощности в ветвях являются примерами типичных измерений.

Вектор состояния для системы с n шинами представлен следующим образом:

$$v = [v_1, v_2, v_3, \dots, v_n]^T (v_i \in R)$$

где v_i обозначает переменную состояния на i -й шине, которая обычно включает угол напряжения или амплитуду напряжения. Рассмотрим вектор измерений z :

Вектор измерения для системы с n шинами записывается как:

$$z = [z_1, z_2, z_3, \dots, z_n]^T (z_i \in R)$$

Для неидеальных датчиков существуют некоторые различия между значениями функции измерения и фактическими данными. Оценка состояния в реальной электроэнергетической системе с учетом ошибок измерений может быть определена как:

$$z = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \vdots \\ z_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_1(v_1, v_2, v_3, \dots, v_n) \\ H_1(v_1, v_2, v_3, \dots, v_n) \\ \vdots \\ H_m(v_1, v_2, v_3, \dots, v_n) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_m \end{bmatrix}$$

Взаимосвязь между состояниями системы v и измерениями z может быть построена в виде линейного уравнения с использованием модели потока мощности постоянного тока, как показано ниже:

$$z = Hv + e$$

где e — вектор ошибок измерений (аддитивный шум), который обычно представлен гауссовым распределением, v — амплитуда и фазовый угол напряжения на шинах, z — вектор измерений, а H — топологическая матрица Якоби, которая отображает состояния системы, определяется следующей формулой — $H = \frac{\partial H(v)}{\partial v}$ и зависит от импеданса топологии сети.

Вопросы построения матрицы часто решаются с помощью алгоритма взвешенных наименьших квадратов. Квадратичная оптимизационная задача формулируется из формы оценки состояния, а оцениваемый линейризованный вектор состояния v' задается следующим образом:

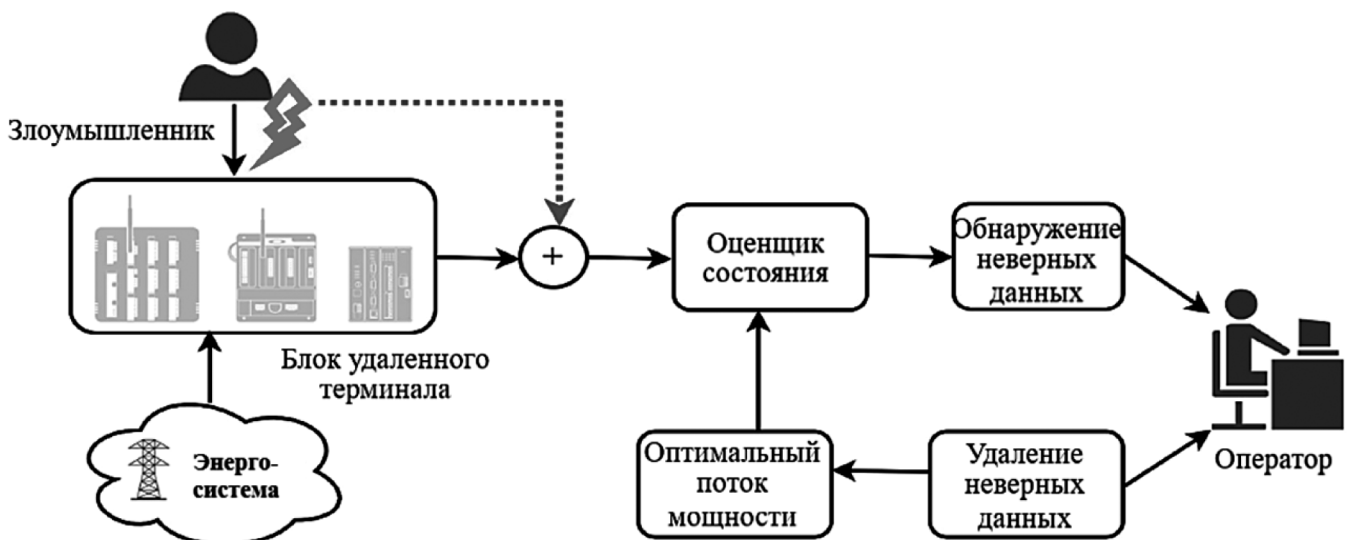


Рис. 2. Оценка состояния при кибератаке в интеллектуальной сети (составлено автором)

$$v' = (H^T H)^{-1} H_z^T$$

Неточные данные появляются в результате случайных ошибок измерений, в то время как ложные данные создаются злоумышленниками сознательно. Оценка состояния — распространенный метод обнаружения дефектных данных — неэффективен для идентификации FDIA, но отлично подходит для обнаружения неточных данных. FDIA позволяет злонамеренно вводить сгенерированные данные b в вектор измерения потока мощности как:

$$Z_{bad} = Nv + b + e$$

а вектор инжектированных ложных данных:

$$b = [b_1, b_2, b_3, \dots, b_m]^T$$

$$Z_{bad} = z + b$$

Когда существуют ложные данные, вводимые злоумышленниками, b будет ненулевым вектором. Переменная состояния оценки v' изменится на v'_v из-за инъекции ложных данных, и будет $v'_v = v' + c$, где c — n -мерный ненулевой вектор. Если предположить, что вектор инжектированных данных Z_{bad} равен Hv , то b будет игнорироваться традиционным методом обнаружения, как было сказано выше. Это объясняется тем, что

$$\|Z_{bad} - Hv'_v\| = \|z + b - H(v' + c)\| = \|z - Hv'\|$$

Данные измерений должны быть проверены для обеспечения максимальной точности, а дефектные данные удалены. Традиционно для выявления дефектных данных используется тест 2-нормального остатка:

$$\|z - Hv'\|^2 < \epsilon$$

где ϵ — порог обнаружения неточных данных. Неточные данные существуют и должны быть удалены до следу-

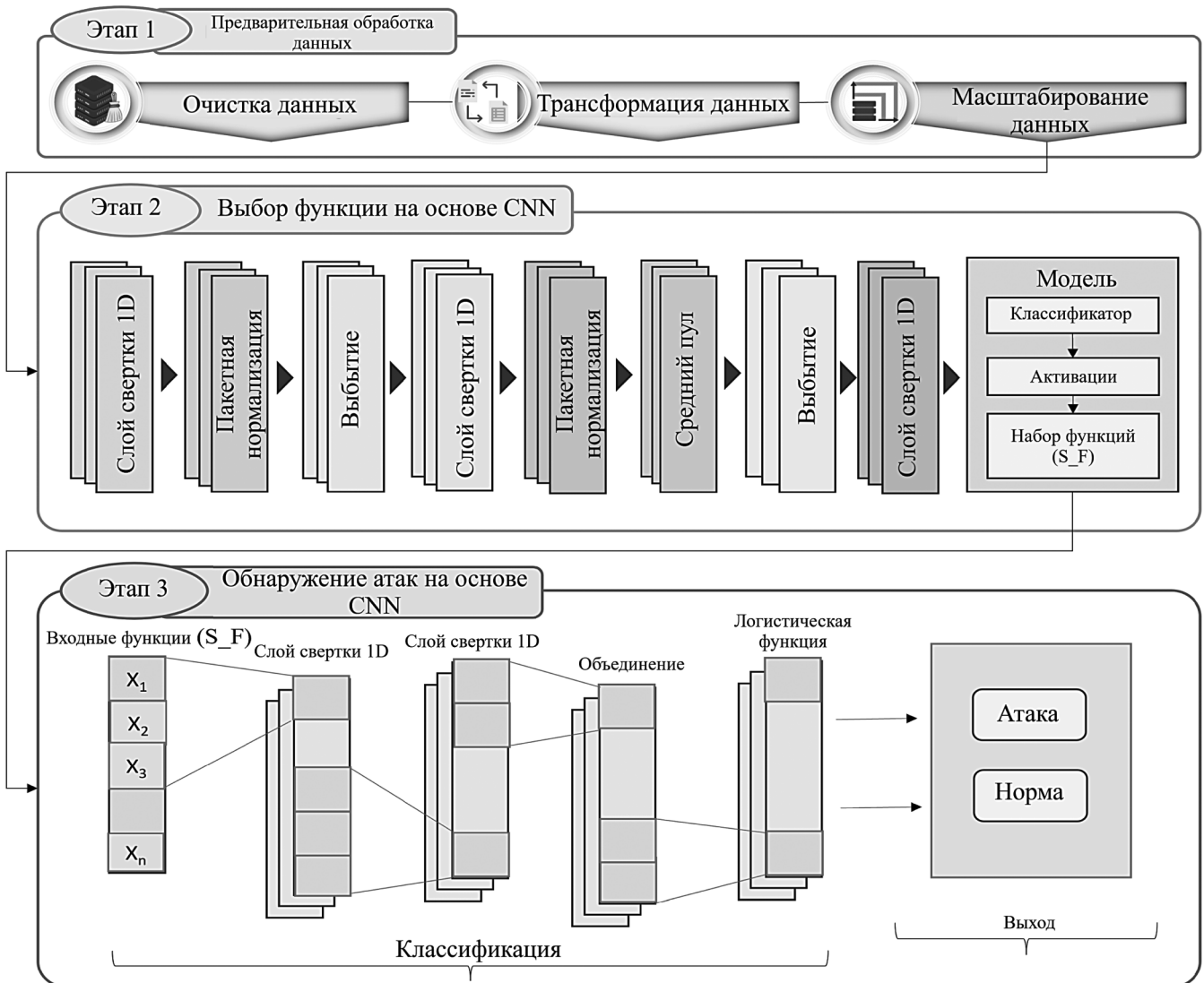


Рис. 3. Модель для выбора признаков и обнаружения FDIA в ICS на базе нейронных сетей

ющей итерации, если остаток измерений поднимается выше порога. Однако эти обычные методы обнаружения неточных данных не способны выявить скрытые и интеллектуальные атаки, такие как FDI.

В данном случае особого внимания заслуживают технологии искусственного интеллекта, в состав которых входят различные методы машинного обучения, глубокого обучения, анализа данных, эволюционные методы и методы нечеткой логики, позволяющие с требуемой степенью достоверности и точности обнаруживать FDIA.

На рис. 3 показана разработанная автором модель, которая использует архитектуру двойной конволюционной нейронной сети для выбора признаков и обнаружения FDIA в сетях ICS.

Представленная на рис. 3 модель направлена на использование возможностей CNN для автоматического

выбора релевантных признаков из данных сетей ICS. CNN-CNN состоит из двух отдельных моделей CNN — одной для отбора признаков и одной для обнаружения атак, — которые работают вместе, дополняя друг друга, чтобы определить наиболее информативные признаки и точно выявить FDIA.

Таким образом, в статье представлена авторская модель управления противодействием информационным атакам в киберпространстве на примере обнаружения атаки с ложным внедрением данных в системе промышленного управления. Основу модели составляет комбинация метода оценки состояния двух сверточных нейронных сетей (CNN-CNN) для выбора функций и построения надежного механизма идентификации действий злоумышленников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Осипенко А.А. Моделирование компьютерных атак на программно-конфигурируемые сети на основе преобразования стохастических сетей // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023. № 2. С. 274–281.
2. Ерохин С.Д. Анализ и разработка теоретико-игровых моделей обеспечения информационной безопасности критической информационной инфраструктуры // Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов. 2023. Т. 14. № 6. С. 9–17.
3. Thavavel Vaiyapuri, K. Shankar Automated cyberattack detection using optimal ensemble deep learning model // Transactions on Emerging Telecommunications Technologies. 2023. № 56. P. 78–84.
4. Жуков М.М. Методологический подход к имитационному моделированию при исследовании практической эффективности систем защиты от сетевых кибератак // Вестник Воронежского института МВД России. 2022. № 1. С. 24–39.
5. He Wen, Faisal Khan Cybersecurity and process safety synergy: An analytical exploration of cyberattack-induced incidents // The Canadian Journal of Chemical Engineering. 2023. № 123. P. 87–94.

© Колесников Антон Александрович (anton.kolesnikov.science@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ПУТЕЙ РЕШЕНИЯ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

ANALYSIS OF METHODS AND WAYS FOR SOLVING INFORMATION PROTECTION IN INFORMATION AND TELECOMMUNICATION SYSTEMS

A. Kolesnikov

Summary. The article is devoted to current issues related to information security in information and telecommunication systems. Special attention is paid to the problems that the industry faces today in the era of the development of cloud computing and digital technologies. In addition, the research process presents the author's approach to constructing a security architecture for information and telecommunication systems, based on neural network technologies. Significant problems for information protection in ITS are identified. A promising method of protection against moving targets is described, its capabilities and areas of application are outlined.

Keywords: data, protection, information and telecommunication system, network, cloud, attack.

Колесников Антон Александрович

Санкт-Петербургский Политехнический
университет Петра Великого
anton.kolesnikov.science@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена актуальным вопросам, связанным с защитой информации в информационно-телекоммуникационных системах. Отдельное внимание уделено проблемам, с которыми сегодня сталкивается отрасль в эпоху развития облачных вычислений и цифровых технологий. Кроме того, в процессе исследования представлен авторский подход к построению архитектуры защиты информационно-телекоммуникационных систем, базирующийся на нейросетевых технологиях. Определены значимые проблемы для защиты информации в ИТС. Описан перспективный метод защиты от движущихся целей, обозначены его возможности и сферы применения.

Ключевые слова: данные, защита, информационно-телекоммуникационная система, сеть, облако, атака.

Ограниченные в прошлом нишевыми областями, такими как банковское дело, аэрокосмическая промышленность или военные приложения, безопасность данных и защита информации постепенно и уверенно становятся частью всех областей жизнедеятельности общества и социальных систем. По мере того, как компьютеры и сети приобретают статус неотъемлемого элемента повседневной жизни, о безопасности в информационных сетях говорят уже не только профильные эксперты, но также правительственные структуры и обычные пользователи. Поскольку многие аспекты современной деловой и частной жизни зависят от компьютеров и сетей, крайне важно, чтобы они работали безопасно.

Особую актуальность данная проблематика приобретает для информационно-телекоммуникационных систем. Связано это с тем, что телекоммуникационные компании быстрыми темпами внедряют новые платформы и среды, трансформируя свою инфраструктуру и расширяя возможности. Ожидается, что в период 2024–2027 годов телекоммуникационные корпорации инвестируют в инфраструктуру 5G более 600 миллиардов долларов [1]. Однако 5G — это лишь самая заметная часть трансформации. За кадром происходят еще более мас-

штабные изменения. Мультиоблачность стала реальностью для телекоммуникационных компаний, 80 % телекоммуникационных провайдеров имеют двух или более поставщиков услуг инфраструктуры как сервиса (IaaS), а среднее количество приложений программного обеспечения, используемых ими, составляет 113, по сравнению с 97 для предприятий в целом [2]. Все это повышает сложность и делает защиту данных еще более важной и комплексной задачей.

По данным компании EfficientIP, занимающейся вопросами кибербезопасности, в 2023 году 43 % операторов связи пострадали от атак вредоносного ПО на базе системы доменных имен (DNS), причем 81 % из них потребовалось три дня и более для применения критически важного исправления безопасности после обнаружения утечки данных. В том же отчете отмечено, что в телекоммуникационном секторе похищается больше всего конфиденциальных данных среди всех отраслей: 30 % операторов связи, принявших участие в исследовании, сообщили о краже конфиденциальной информации клиентов [3].

Таким образом, принимая во внимание тот факт, что телекоммуникационная сфера входит в число отраслей-

лидеров, в которых накапливаются самые большие объемы конфиденциальной информации в мире, поскольку миллионы людей делятся с компаниями личной информацией и финансовыми данными, вопросы обеспечения безопасности сетей являются актуальными, теоретически и практически значимыми, что и обусловило выбор темы данной статьи.

Ключевые аспекты и меры, которые следует учитывать для защиты данных и конфиденциальности в информационно-телекоммуникационных системах, рассматривают в своих трудах Кадирманов К.Б., Оразымбетова А.К., Анищенко А.В., Чуприн Д.В., Грозмани Е.С., Yuling Chen, Jing Sun, Yixian Yang.

Над усовершенствованием правил обеспечения безопасности при обработке персональных данных и формированием уведомлений об утечках конфиденциальной информации трудятся Стародубцев Ю.И., Худайназаров Ю.К., Кныш Т.П., Hongsen Zou, Zheng Xiang, Weiping Shang, Josip Milanovic.

Однако, несмотря на имеющиеся труды и наработки, весьма справедливо отмечают эксперты, что ни одна угроза сегодня не может быть устранена изолированно, и что субъекты угроз будут продолжать использовать уязвимости в принятых технологиях для достижения своих целей. Поэтому в перманентной актуализации нуждаются способы защиты данных с учетом постоянно меняющегося ландшафта коммуникаций. Также, отдельного внимания заслуживают методы решения проблемы использования традиционных инструментов сетевой защиты из-за статического характера сервисов и конфигураций информационно-телекоммуникационных сетей.

Итак, цель статьи заключается в проведении анализа подходов к решению защиты информации в информационно-телекоммуникационных системах (ИТС).

Современная защита информации в ИТС основана на таксономии угроз безопасности, которая включает конфиденциальность, целостность, доступность и кражу [4]. Это основные соображения или составляющие современной «компьютерной коммуникационной безопасности». Другими словами, требуется защита от утечки конфиденциальной информации (конфиденциальность), от червей/вирусов, влияющих на работу критически важных приложений (целостность), от ботнетов, выводящих из строя важную систему (доступность), или от кражи личных данных граждан (кража личных данных).

Как уже отмечалось ранее, телекоммуникационная отрасль стремительно развивается, открывая огромные возможности для бизнеса, но в тоже время актуализируя массу новых задач перед сотрудниками служб безопасности. Обозначим ряд наиболее значимых проблем для защиты информации в ИТС.

1. Миграция в облако — переход на облачные сервисы стал одной из основных разрушительных тенденций последних лет, что позволило телекоммуникационным компаниям стать более гибкими. Однако эта трансформация сопряжена с проблемами безопасности, поскольку облачные сервисы зачастую не менее, а то и более уязвимы, чем локальные системы. Чтобы обеспечить защиту своих облачных сервисов, телекоммуникационным компаниям необходимо внедрить надежные протоколы безопасности, комплексное шифрование и передовые системы аутентификации.
2. Безопасность сетей 5G — развитие сетей пятого поколения имеет значительные последствия для сохранности данных. К ним будет подключено больше устройств, чем когда-либо прежде, что сделает их более уязвимыми для атак. Для решения этой проблемы телекоммуникационным компаниям необходимо инвестировать в интегрированные системы безопасности.
3. Растущая тенденция BYOD — поскольку сотрудники все чаще используют для работы собственные устройства, телекоммуникационным компаниям необходимо обеспечить их безопасное подключение к корпоративной сети. Также целесообразно внедрять технологии для защиты конфиденциальных данных и конфиденциальных коммуникаций от компрометации.
4. Положения о защите данных — в связи с появлением многочисленных законов о защите данных, телекоммуникационные компании должны не только соблюдать эти положения, но и обеспечивать безопасность своих данных. Для этого необходимо инвестировать в технологии, повышающие конфиденциальность, такие как шифрование и маскировка данных.
5. Кроссплатформенные возможности. Телекоммуникационные компании часто используют среду смешанных операционных систем. Большинство продуктов безопасности ориентированы на конкретную операционную систему (часто Windows, которая является преобладающей операционной системой на предприятии) и предлагают только урезанные версии для других операционных систем [5].

С учетом вышеизложенного, можно отметить, что, по мнению автора, эффективная стратегия защиты информации ИТС должна быть основана на двух основных концепциях: 1) фокус на предотвращении угрозы, а затем, 2) надежное реагирование и нивелирование угрозы, в случае ее возникновения.

На рис. 1 представлена архитектура защиты данных в ИТС.

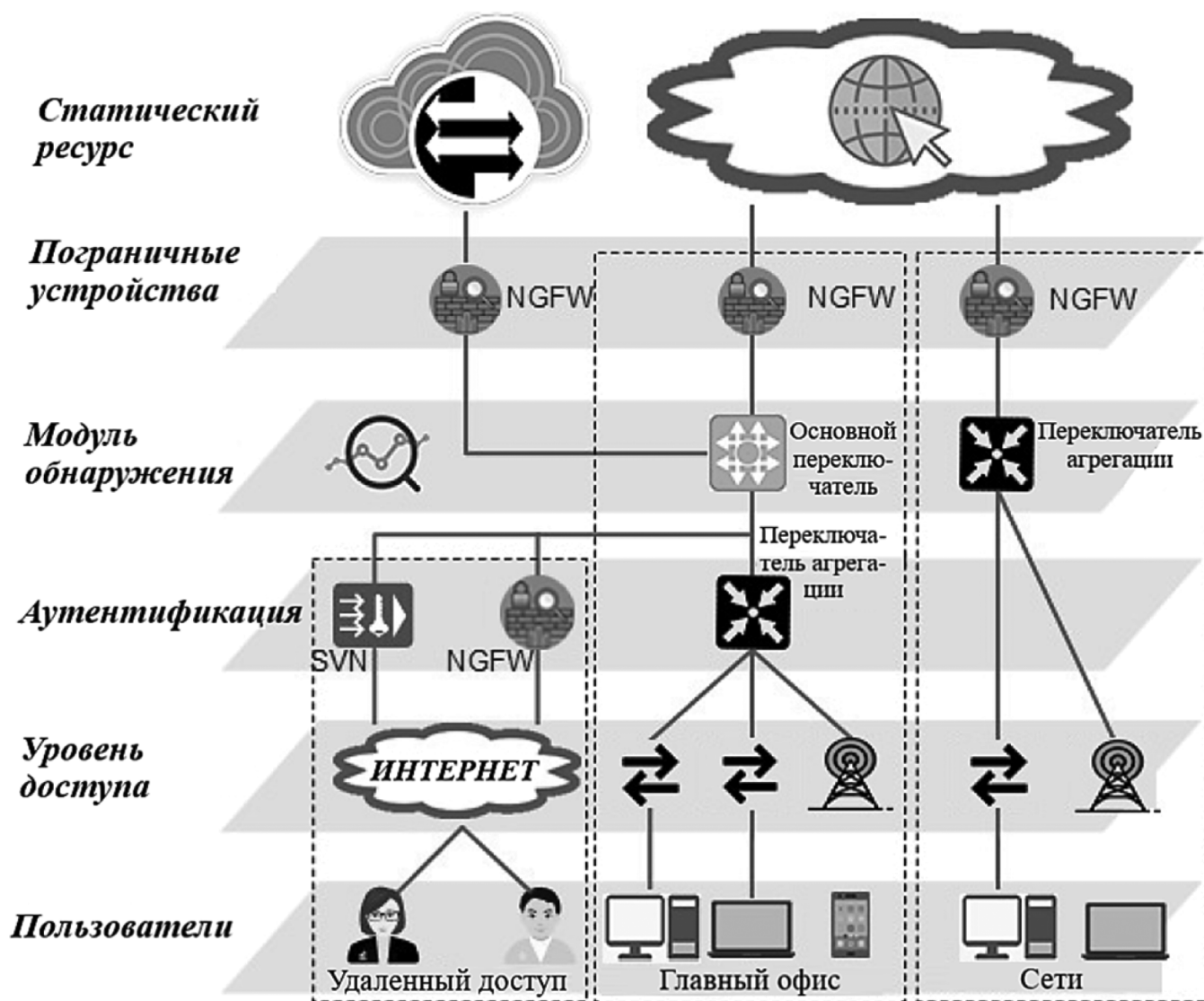


Рис. 1. Архитектура защиты данных в ИТС¹

В рамках представленной архитектуры модуль обнаружения атак размещается на коммутаторе ядра, что способствует прохождению сетевого трафика. Опишем более подробно как работает данная архитектура, уделив внимание набору данных, предварительной обработке данных, моделям и алгоритмам.

Набор данных. Набор данных, используемый для реализации предлагаемой модели, является простым набором потоковых данных, применяемых для анализа сетевого трафика. Необработанные данные сетевого трафика в формате pcap перехватываются с помощью зеркалирования портов на коммутаторе. Доброкачественный трафик собирается непосредственно при подключении к сети, чтобы убедиться, что он не содержит вредоносных намерений. Набор данных состоит как из обычных экземпляров, так и из сложных угроз (напри-

¹ SVN — аутентификация по требованию сервера с кешированием, NGFW — брандмауэр нового поколения

мер, Gafgyt, Mirai). Gafgyt и Mirai — это две группы вредоносных программ, которые выполняют Botnet-атаки на различные интеллектуальные устройства [6].

Предварительная обработка данных. Поскольку данные часто собираются из разных источников и доступны в разных форматах, их нецелесообразно напрямую подавать алгоритму для классификации. Есть вероятность столкнуться с некоторыми проблемами в наборе данных из-за человеческих ошибок, ошибок устройства или же недостатков в проблеме сбора. Предварительная обработка данных представляет собой полный процесс преобразования исходных данных в последовательную форму, которая может быть подана классификаторам. Кроме того, она дополнительно снижает сложность экземпляров с точки зрения емкости и времени. Для обеспечения жизнеспособности системы необходимо привести все значения признаков к масштабируемому виду от 0 до 1. Для этого используется скалярная функция

python Standard, позволяющая стандартизировать набор данных. С целью уменьшения количества повторов данных и улучшения целостности информации необходимо провести трансформацию данных, которая устраняет пропущенные, дублирующиеся и нулевые значения. Преобразование выполняется с помощью кодирования меток. Кодирование меток выполняется таким образом, чтобы данные могли быть легко приняты алгоритмом, сохраняющим их первоначальное значение.

Модуль обнаружения. В рамках предлагаемой архитектуры модуль обнаружения базируется на особом виде рекуррентных нейронных сетей, способных обучаться долгосрочным зависимостям, которые делают сеть «умной» в запоминании того, что происходило в прошлом, и поиске закономерностей во времени, чтобы ее следующие предположения имели смысл. Нейронная сеть используется для исследования вредоносного ПО. В результате основу архитектуры безопасности составляет эффективная, мощная и универсальная система идентификации вредоносных программ, которая позволяет выявлять их различные классы. Вид гибридного модуля обнаружения вредоносных программ в ИТС на основе нейронной сети показан на рисунке 2.

Первым этапом схемы обнаружения является предварительная обработка набора данных, который был получен на предыдущем этапе. Второй этап предлагаемой модели — обучение гибридных классификаторов. В процессе обучения обработанные данные передаются классификаторам (т.е. DNN, LSTM), а полученные результаты объединяются для лучшей оптимизации и конечной производительности гибридных классификаторов.

Алгоритмы. Long Short-Term Memory (LSTM) — это алгоритм, принадлежащий к семейству рекуррентных нейронных сетей (RNN) моделей глубокого обучения (DL). LSTM хорошо известен своей потенциальной способностью к обучению длинных последовательностей и сохранению информации в наборе данных. Конволюционная нейронная сеть (CNN) — еще один алгоритм глубокого обучения, который известен своими возможностями извлекать значимые признаки из данных. Глубокая нейронная сеть (DNN) или полностью подключенная нейронная сеть (FNN) — базовая модель в категории глубокого обучения с простыми нейронами, соединенными в многоуровневой архитектуре.

Таким образом, предложенная архитектура представляет собой мощный, адаптируемый и продуктивный метод обнаружения вредоносных программ на основе нейронных сетей для защиты ИТС.

И в завершении исследования представляется целесообразным акцентировать внимание на таком прогрессивном приеме защиты данных в ИТС как метод защиты с использованием движущихся целей (MTD). Данный метод базируется на концепции контроля изменений на разных иерархиях системы с целью повышения неопределенности и кажущейся сложности для злоумышленников, а также для уменьшения окна их возможностей и увеличения затрат на исследования и атаки.

MTD значительно усложняет злоумышленникам разработку и использование инструментов эксплойтов, снижая эффективность автоматизированных атак и делая успешные атаки более трудоемкими и дорогостоящими.

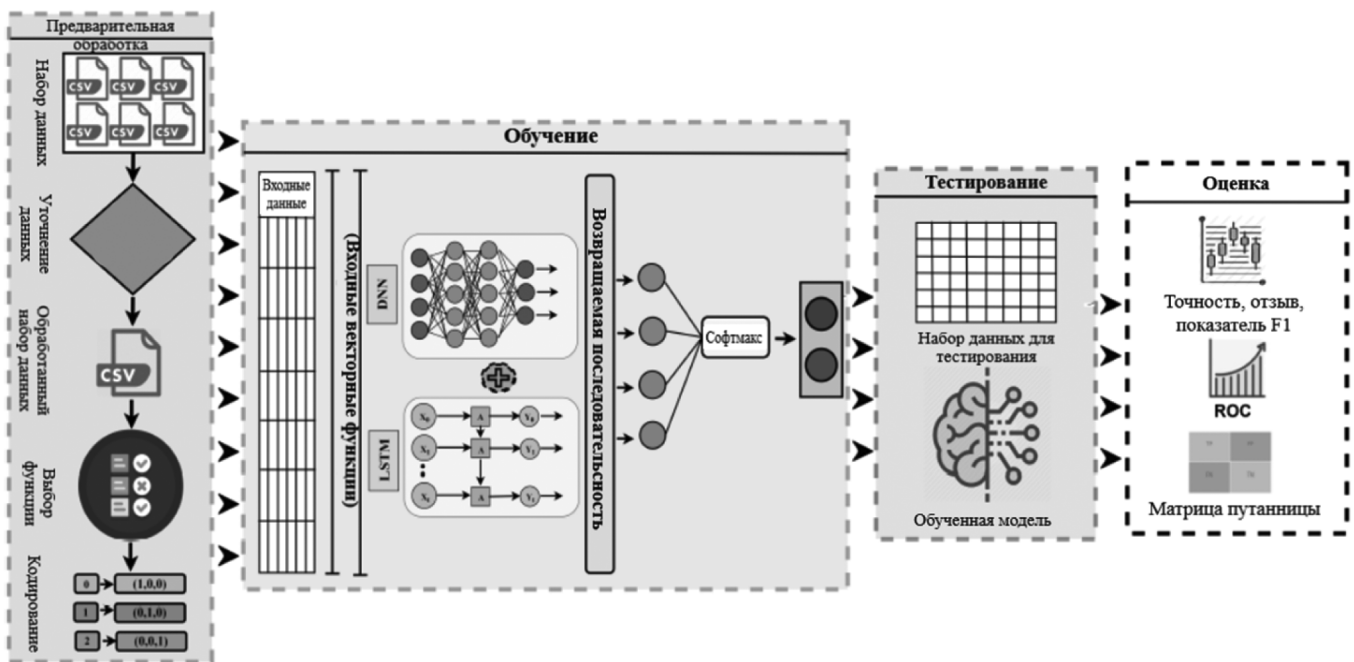


Рис. 2. Предлагаемая гибридная архитектура глубокого обучения нейронной сети для выявления атак на ИТС

ми. Кроме того, защита с использованием движущихся целей делает сложным решение задачи по сохранению устойчивости и контроля над взломанной системой. Таким образом, MTD является очень эффективной техникой для повышения безопасности ИТС.

Один из примеров использования MTD в ИТС — защита сотовых сетей от кибератак. В результате постоянного изменения инфраструктуры сети и протоколов связи, злоумышленникам становится гораздо сложнее проникнуть в сеть и нарушить работу сервиса. Другой пример — развертывание программно-определяемых сетей в телекоммуникационных системах. Методы MTD могут использоваться для динамической реконфигурации топологии сети и перемещения критически важных ресурсов в ответ на обнаруженные угрозы, что затрудняет хакерам поиск конкретных уязвимостей.

Таким образом, подводя итоги, отметим, что в современном взаимосвязанном мире безопасность данных в ИТС имеет первостепенное значение. Понимая значение телекоммуникационной безопасности, проблемы, с которыми она сталкивается, и внедряя передовые методы, организации могут обеспечить безопасность связи, защитить конфиденциальную информацию и сохранить доверие своих клиентов.

В статье представлен авторский подход к построению архитектуры защиты информации в ИТС, который базируется на нейросетевых технологиях. Также подробно описан перспективный метод защиты от движущихся целей, обозначены его возможности и сферы применения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жидко Е.А. Критерий обеспечения безопасности и защиты информации в информационно-телекоммуникационной системе // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2022. № 24. С. 92–103.
2. Баранов В.В. Подход к управлению безопасности информационно-телекоммуникационной сети на основе нейросетевых систем // I-methods. 2021. Т. 13. № 3.
3. Yong Xie Cybersecurity protection on in-vehicle networks for distributed automotive cyber-physical systems: State-of-the-art and future challenges // Software: Practice and Experience. 2021. Volume 51, Issue 11. P. 23–29.
4. Будзко В.И. Ключевые системы в больших информационно-телекоммуникационных системах, реализующих технологии распределенных обработки и хранения данных // Системы высокой доступности. 2021. Т. 17. № 3. С. 5–15.
5. Chinnatham Karthikraja An empirical intrusion detection system based on XGBoost and bidirectional long-short term model for 5G and other telecommunication technologies // Computational Intelligence. 2022. Volume 38, Issue 4. P. 67–72
6. Сиротский А.А. Противодействие утечкам персональных данных из телекоммуникационных систем // REDS: Телекоммуникационные устройства и системы. 2023. Т. 13. № 3. С. 33–40.

© Колесников Антон Александрович (anton.kolesnikov.science@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КОНЪЮНКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ РЫНКА «СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ» И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ В РАМКАХ ПИЩЕВОЙ ИНДУСТРИИ»

CONJUNCTURE CHANGES IN THE MARKET OF «ENTERPRISE MANAGEMENT SYSTEMS» AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT IN THE FOOD INDUSTRY»

**D. Kolmykov
N. Logunova**

Summary. In this article, the author provides an overview of ERP-class management systems, noting that they are currently the most effective tool for integrating and optimizing basic business processes in the food industry. Their implementation allows you to achieve significant advantages by automating the planning, accounting, analysis and control of company resources. A review of the functionality and analysis of the practical experience of using ERP systems in the food industry shows their high efficiency for this industry. In the context of the current situation on the Russian IT market and the imposed economic sanctions, special attention is paid to the comparative assessment of domestic and foreign ERP platforms. An analysis of recent trends indicates the prospects for localization and adaptation of global ERP systems to the needs of Russian enterprises. Possible ways of ERP development in the direction of greater functionality, scalability and integration of advanced IT technologies are discussed.

Keywords: ERP systems, food industry, optimization, innovations, sanctions, import substitution, artificial intelligence, data analytics.

Колмыков Дмитрий Анатольевич

Аспирант,

Российский биотехнологический университет, г. Москва
dimon-life@mail.ru

Логунова Нина Юрьевна

канд. тех. наук, доцент,

Российский биотехнологический университет, г. Москва

Аннотация. В данной статье автором представлен обзор систем управления класса ERP, отмечается, что в настоящее время они являются наиболее эффективным инструментом интеграции и оптимизации основных бизнес-процессов на предприятиях пищевой промышленности. Их внедрение позволяет достичь существенных преимуществ за счет автоматизации планирования, учета, анализа и контроля ресурсов компании. Обзор функциональных возможностей и анализ практического опыта применения ERP-систем в пищевой промышленности показывает их высокую эффективность для данной отрасли.

В контексте текущей ситуации на российском рынке IT и введенных экономических санкций особое внимание уделяется сравнительной оценке отечественных и зарубежных ERP-платформ. Анализ последних тенденций свидетельствует о перспективах локализации и адаптации глобальных ERP-систем к нуждам российских предприятий. Обсуждаются возможные пути развития ERP в направлении большей функциональности, масштабируемости и интеграции передовых IT-технологий.

Ключевые слова: ERP-системы, пищевая промышленность, оптимизация, инновации, санкции, импортозамещение, искусственный интеллект, аналитика данных.

Цель статьи — дать развернутый обзор применения ERP-систем в пищевой промышленности. Проанализировать преимущества внедрения ERP для оптимизации бизнес-процессов предприятий пищевой отрасли. Рассмотреть текущее состояние российского рынка ERP на фоне экономических санкций и импортозамещения. Определить перспективные тренды развития ERP-систем с учетом новейших достижений в сфере информационных технологий.

Методы исследования: в работе применялись методы изучения и обобщения литературных источников, анализа статистических данных об использовании ERP-систем, сравнение функциональных возможностей различных ERP-платформ.

Результаты исследования: выявлен ряд преимуществ ERP-систем для предприятий пищевой промыш-

ленности, включая оптимизацию планирования производства, улучшение управления запасами и цепочками поставок, повышение эффективности контроля качества, снижение потерь и издержек.

Показано влияние санкций на структуру российского рынка ERP, где после ухода ряда западных вендоров доля отечественных систем значительно выросла. Определены основные трудности перехода предприятий на российские ERP.

В качестве перспективных трендов выделены разработка отраслевых ERP-решений, интеграция с системами мониторинга качества, внедрение мобильных ERP-приложений, применение технологий искусственного интеллекта и облачных платформ. Это позволит повысить эффективность ERP-систем и их ценность для пищевой промышленности.

Введение

Экономика пищевой промышленности представляет собой обширный и быстро развивающийся сектор, оказывающий существенное воздействие на качество и доступность пищевых товаров. Эффективное управление производственными и логистическими процессами в данной отрасли играет ключевую роль в обеспечении высококачественной пищевой продукции. Внедрение систем планирования ресурсов предприятия (ERP) способствует оптимизации деловых операций и укреплению конкурентных преимуществ организаций, занятых в пищевой промышленности.

Актуальность ERP-систем приобретает особое значение в среде предприятий, работающих в сфере пищевой промышленности. Для этого сектора характерна жесткая рыночная конкуренция и необходимость быстрой адаптации к колебаниям потребительского спроса при соблюдении строгих стандартов качества и безопасности продукции.

Обсуждение

Отрасль пищевой промышленности обладает рядом особых характеристик, которые требуют тщательного анализа при разработке и внедрении систем ERP. К ним относятся:

- Разнообразный спектр продукции, включающий мясные, молочные, хлебобулочные изделия, кондитерские изделия и другие виды пищевых продуктов.
- Сложные проблемы, связанные с планированием ассортимента и объемов производства, вызванные ограниченным сроком годности как сырья, так и готовой продукции.
- Строгие нормативы, регулирующие контроль качества на всех стадиях производства, начиная с закупки сырья и заканчивая распределением конечной продукции.
- Неотложная необходимость быстро реагировать на изменения потребительского спроса и предпочтений.
- Строгие меры по соблюдению требований, связанных с производством, хранением, транспортировкой и прослеживаемостью пищевых продуктов, требующие строгого соблюдения нормативных норм.

Среди известных зарубежных систем выделяют такие платформы, как «SAP», «Oracle», «JD Edwards», «Infor M3» и «Microsoft Dynamics AX», в то время как отечественные аналоги представлены продуктами компаний Галактика, Парус, 1С и других участников рынка. Однако последние годы санкционная политика, проводимая странами западного блока, значительно повлияла

на ландшафт современного рынка поставщиков, освободив почти 60 % отрасли для отечественных вендоров ERP систем.

Параллельно с разработкой комплексных ERP-систем активно ведется работа над специализированными решениями, нацеленными на адаптацию к особенностям пищевой промышленности. В качестве примеров таких систем выступают «Process Manufacturing» (БЭСТ), «FoodWare» (АйТи) и «FORCE» production (ЛАНИТ) [4].

Внедрение ERP-системы приносит предприятиям пищевой промышленности следующие преимущества:

- Оптимизация планирования производства на основе актуальной информации о запасах сырья, материалов и готовой продукции.
- Повышение эффективности управления закупками благодаря прозрачным процедурам закупок и оценке поставщиков.
- Усиление контроля качества путем отслеживания показателей на каждом этапе жизненного цикла продукта.
- Сокращение запасов и уменьшение потерь за счет оптимизации логистических операций.
- Увеличение финансовой прозрачности и совершенствование бюджетирования.
- Возможность применения гибких стратегий ценообразования и проведения рекламных мероприятий для стимулирования продаж.
- Ускорение и упрощение процессов финансовой отчетности в соответствии с установленными нормативными требованиями [8].

Серьезные трудности, с которыми сталкиваются предприятия, работающие в пищевой промышленности, включают, но не ограничиваются ими, следующее: неоптимальная эффективность управления из-за ручного ведения документации, сложности, связанные с планированием и прогнозированием, неадекватный контроль качества и резкий рост производственных затрат. Интеграция ERP-систем служит стратегическим механизмом для решения этих задач посредством автоматизации и оптимизации разнообразных процессов.

Основные функциональные модули ERP:

- Финансовый учет и отчетность.
- Управление персоналом.
- Снабжение и логистика.
- Производственное планирование.
- Управление продажами и взаимоотношениями с клиентами.
- ERP системы интегрируются с другими корпоративными системами: CRM, ESM, PLM [9].

Таким образом, ERP-системы играют важнейшую роль в повышении операционной эффективности и конку-

рентоспособности предприятий пищевой промышленности. Их интеграция способствует оптимизации производственных, логистических и финансовых операций в данной сфере.

Фундаментальная цель, лежащая в основе развертывания ERP-систем, заключается в интеграции различных бизнес-операций внутри предприятия в рамках единой структуры, облегчающей беспрепятственную передачу информации между подразделениями.

Стратегическое решение, объявленное немецкой компанией «SAP» в апреле 2022 года об уходе с российского рынка, отражающее аналогичный курс действий американской корпорации «Oracle Corp», в сочетании с уходом таких организаций, как «Autodesk и Microsoft», вынудило компании, зависящие от этих программных решений, задуматься о переходе к внутренним альтернативам, означающие кардинальный сдвиг в динамике рынка [4].

Следовательно, последствия этих явно выраженных санкций для рынка ERP-систем в России вызвали заметную склонность к альтернативам, разработанным внутри страны, при этом в настоящее время широко используются такие системы, как «1С» (1С: ERP), «Парус», «Гэлакси», «Турбо ERP» и «Компас ERP», наряду с различными отечественными программными решениями.

Основываясь на данных компании «Эдит-про» за 2021 год, значительная доля рынка ERP преимущественно принадлежала западным поставщикам: «SAP», «Oracle» и «Microsoft» в совокупности занимали около 60 %, в то время как на «1С» приходилось около 35 %. Остаточная доля рынка была занята отечественными компаниями, такими как «Галактика», «Парус» и «Компас», что подчеркивает сложную динамику рынка, вызванную этими недавними событиями [4].

Критические последствия санкций проявились в виде ухода таких гигантов отрасли, как «SAP», «Microsoft» и «Oracle», что, следовательно, спровоцировало значительные трансформации в сфере ERP-систем внутри страны. Этот переходный этап был дополнительно осложнен необходимостью перехода с зарубежных систем управления базами данных (СУБД), таких как «Microsoft SQL Server» и «Oracle Database», на альтернативные решения, что привело к существенным техническим препятствиям для базы пользователей. Стоит отметить, что несколько местных систем управления предприятиями уже давно умеют взаимодействовать с «PostgreSQL», тем самым предлагая потенциальный путь для интеграции в условиях этих трансформационных сдвигов.

Введение санкций оказало существенное влияние на рынок информационных технологий в России. В этих

условиях российские ERP-системы развиваются преимущественно в направлении облачных решений. Однако приоритетом по-прежнему остается расширение функционала, необходимого для работы крупных предприятий.

Основными проблемами импортозамещения ERP являются:

- Отсутствие полных аналогов некоторым зарубежным системам.
- Недоверие российским разработчикам ERP со стороны организаций.
- Сложность обеспечения совместимости отечественных продуктов с зарубежными технологиями.

Несмотря на меры по импортозамещению, иностранные ИТ-решения пока доминируют на российском рынке. Тем не менее, переход российских компаний на отечественные ERP-системы является важной стратегической задачей.

Переход российских предприятий на отечественные ERP-системы сопряжен с рядом сложностей: нехватка квалифицированных кадров для внедрения систем; значительные финансовые затраты на переход и интеграцию систем; проблемы совместимости с существующими решениями; недостаточная готовность персонала, длительная адаптация; риск нарушения сроков внедрения.

Несмотря на сложности, переход на российские ERP является важной стратегической задачей для повышения технологической независимости. Требуется комплексная господдержка этого процесса.

Одним из перспективных направлений развития ERP-систем является интеграция инструментов искусственного интеллекта.

Основные результаты

Искусственный интеллект расширяет аналитические возможности ERP-систем за счет обработки больших объемов данных, машинного обучения и предиктивной аналитики. Основные преимущества применения ИИ в ERP:

1. Улучшение прогнозирования. На основе анализа исторических данных модели машинного обучения могут точно предсказывать спрос, оптимизировать графики, управлять запасами.
2. Повышение эффективности принятия решений. ИИ позволяет проводить сложный анализ и вырабатывать оптимальные решения, например, при планировании цепочек поставок.
3. Снижение ручного труда. Интеллектуальные модули распознавания данных из документов умень-

шают потребность в ручном вводе, обрабатывают счета и управляют складом.

4. Персонализация для клиентов. Анализируя историю клиента, ИИ выдает персональные рекомендации, повышая лояльность.
5. Повышение производительности. ИИ анализирует данные оборудования и планирует профилактическое обслуживание, сокращая простои [4].

Среди ERP-систем с ИИ можно выделить следующие: «SAP Leonardo», «Oracle AI», «Microsoft Dynamics 365 AI», российские «1С», «Acumatica», «Creatio». Они решают задачи анализа, прогнозирования, обработки документов, обслуживания клиентов. Интеграция ИИ существенно расширяет аналитические возможности ERP и повышает эффективность бизнеса.

Разработка BI-систем ведется на таких языках программирования, как Python, PHP и Golang. Python отличается простотой синтаксиса, наличием библиотек для научных вычислений и анализа данных. PHP широко используется для создания динамических веб-сайтов и приложений. Golang создан для решения задач масштабируемости и параллельных вычислений.

Основные библиотеки для BI-систем:

- Pandas — для работы со структурированными данными в Python;
- NumPy — для научных вычислений;
- TensorFlow, Keras — для машинного обучения;
- Matplotlib, Seaborn — для визуализации данных.

Области применения BI-систем:

- Анализ эффективности бизнес-процессов;
- Прогнозирование KPI;
- Сегментация клиентской базы;
- Оптимизация расходов;
- Выявление трендов и закономерностей

Python позволяет эффективно решать задачи по подготовке и очистке данных, статистическому анализу, визуализации, используя такие библиотеки как Pandas, NumPy и Matplotlib, рассмотрим их более подробно.

Pandas предоставляет удобные структуры DataFrame и Series для работы с табличными данными, а также мощные средства для очистки, преобразования и анализа данных.

NumPy обеспечивает высокопроизводительные операции с массивами, линейную алгебру и интеграцию с другими научными библиотеками.

Matplotlib позволяет строить разнообразные графики и диаграммы для визуализации результатов анализа [6].

Эти библиотеки часто используются в BI-системах для получения инсайтов из данных о продажах, клиентах, финансовых показателях и другой бизнес-информации.

Python с его обширными библиотеками для анализа данных становится критически важным инструментом для построения современных BI-систем. Компании, применяющие Python, получают доступ к передовым алгоритмам и методам, позволяющим извлекать ценные знания из данных для принятия эффективных бизнес-решений [2].

Использование BI-систем позволяет организациям повысить эффективность за счет применения передовых методов анализа данных и прогнозной аналитики. Правильно организованная BI-система дает конкурентные преимущества компаниям в условиях цифровой трансформации экономики.

Продолжая тему инноваций в области повышения эффективности использования ERP систем, отметим, что появление облачных вычислений представляет собой новую парадигму в области вычислительной инфраструктуры и программного обеспечения, революционно влияющую на архитектуру производственного программного обеспечения благодаря умелому использованию веб-архитектуры для управления производственным ПО и его интеграции в надежные центры обработки данных. Облачные вычисления связаны с рядом преимуществ, включая сокращение первоначальных инвестиций, ускоренное развертывание новых сервисов, минимизацию затрат на техническое обслуживание и эксплуатационные расходы, повышение эффективности за счет виртуализации и упрощение протоколов аварийного восстановления [5].

Современная мировая практика в области корпоративных информационных систем подчеркивает использование двух различных моделей для разработки ERP-систем на предприятиях, а именно локальной и облачной моделей. Облачные ERP-решения охватывают управление корпоративными ресурсами, при этом обработка данных происходит на стороне поставщика услуг, предоставляя пользователям удаленный доступ к системному интерфейсу для бесперебойной работы. Примечательно, что у компаний есть возможность либо разместить ERP-систему в своем частном облаке, либо выбрать облачную доставку, тем самым обслуживая географически распределенные подразделения [7].

Крайне важно отметить значительный сдвиг в общем отношении бизнеса к облачным ERP-системам за последнее десятилетие. Отчеты консалтинговой фирмы «PwC» за 2014 и 2022 годы указывают на заметную трансформацию в ландшафте рынка ERP-систем, отмечается, что значительная часть организаций переходит к облачным альтернативам.

Облачная модель «Программное обеспечение как услуга/ Software-as-a-Service» (SaaS) приобрела известность при предоставлении ERP-услуг организациям, в первую очередь благодаря ее способности снижать операционные расходы на ИТ за счет аутсорсинга технического обслуживания, аппаратной и программной поддержки поставщикам облачных услуг. Этот стратегический сдвиг позволяет предприятиям перераспределять операционные расходы на ИТ с обслуживания аппаратного и программного обеспечения на инвестиции в человеческие ресурсы, тем самым способствуя достижению различных организационных целей. Кроме того, централизованное развертывание приложений обеспечивает плавное обновление без необходимости установки нового программного обеспечения пользователями [3].

В сфере предоставления облачных сервисов преобладают три различные модели, включая «Infrastructure-as-a-Service — Инфраструктура-как-услуга» (IaaS), «Platform-as-a-Service — Платформа-как-услуга» (PaaS) и «программное обеспечение как услуга» (SaaS). Примечательно, что положения «IaaS» охватывают инфраструктурные сервисы более низкого уровня, предоставляя пользователям возможность управлять ресурсами непосредственно через гостевую операционную систему. С другой стороны, модели «PaaS» и «SaaS» предлагают услуги более высокого уровня, облегчая работу пользователей не непосредственно в операционной системе, а скорее на программных платформах или сервисных продуктах. Основные аспекты типичного облачного сервиса предполагают активное участие поставщика услуг, потребителя услуг и служб обмена данными, тем самым создавая согласованную структуру для предоставления облачных услуг.

Основными преимуществами облачных решений являются:

- снижение первоначальных инвестиций;
- ускоренное развертывание сервисов;
- минимизация затрат на обслуживание и эксплуатацию;
- повышение эффективности благодаря виртуализации;
- упрощение процедур аварийного восстановления [1].

В настоящее время существует две основные модели разработки ERP-систем на предприятиях — локальная и облачная. В облачных ERP данные обрабатываются на стороне поставщика услуг с предоставлением удаленного доступа пользователям. Компании могут размещать ERP либо в собственном частном облаке, либо использовать публичное облако.

За последние 10 лет наблюдается заметный сдвиг компаний в сторону облачных ERP. Модель SaaS (ПО

как услуга) получила широкое распространение, так как позволяет снижать затраты на ИТ за счет передачи техподдержки сторонним поставщикам облачных услуг. Это дает возможность бизнесу перенаправить средства с обслуживания ПО на развитие человеческих ресурсов.

Облачный сервис включает три основных компонента: поставщик услуг, потребитель услуг и сервисы передачи данных, которые создают единую структуру для предоставления облачных услуг.

Заключение

Подытоживая все вышесказанное можно сделать вывод, что необходимость полного перехода к отечественным ERP системам становится очевидной из-за различных факторов, включая снижение рисков, обеспечение непрерывной поддержки продукта и соблюдение требований законодательства, влияние санкционной политики зарубежных вендоров. В нынешних условиях ведения бизнеса малые и средние предприятия склонны отдавать предпочтение 1С в качестве основной ERP-системы благодаря ее упрощенному процессу интеграции, наличию уже существующих решений, адаптированных для различных типов предприятий и отраслей, а также ее экономически эффективной системе внедрения и обслуживания.

Переход к облачным платформам обеспечивает предприятиям пищевой промышленности повышенную гибкость и масштабируемость. Такой сдвиг позволяет быстро корректировать ресурсы в соответствии с меняющимися потребностями бизнеса. Более того, использование облачной ERP-системы устраняет необходимость в инвестициях в собственную ИТ-инфраструктуру.

Современные ERP-системы интегрируют надежные аналитические инструменты, которые облегчают извлечение бесценной информации как из производственных, так и из бизнес-данных. Внедрение технологий искусственного интеллекта открывает новые возможности для прогнозной аналитики, оптимизации бизнес-процессов и поддержки принятия решений.

Большинство ERP-платформ предлагают мобильные приложения, адаптированные для оперативного контроля производственных, логистических и финансовых аспектов. Интеграция мобильных ERP-систем способствует более гибкому реагированию на возникающие вызовы.

Развитие этих направлений позволит еще более повысить эффективность ERP-систем и их вклад в развитие пищевой промышленности.

Таким образом, несмотря на существующие экономические проблемы, российские предприятия пищевой

промышленности готовы повысить свою операционную эффективность за счет внедрения передовых ERP-решений. Акцент делается на отечественных инновациях, внедрении облачных платформ и использовании инструментов аналитики данных и искусственного ин-

теллекта. Присущие ERP-системам гибкость и адаптивность служат ключевыми инструментами обеспечения устойчивости пищевой промышленности даже в самых неблагоприятных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабенко, А.А. Модель определения состава системы защиты ERP-систем / А.А. Бабенко, А.В. Рыбалкина // НБИ технологии. — 2022. — Т. 16, № 4. — С. 10–17. — DOI 10.15688/NBIT.jvolsu.2022.4.2. — EDN TJKEPQ.
2. Зуева, К.И. Системы производственного планирования от MRP до ERP систем / К.И. Зуева // Инженерные кадры — будущее инновационной экономики России. — 2019. — № 6. — С. 51–54.
3. Ефимова, Ю.А. Влияние санкций на рынок ERP-систем в России / Ю.А. Ефимова, Р.В. Файзуллин // Вестник Академии управления и производства. — 2023. — № 2. — С. 37–43. — EDN EHNMCP.
4. Королев, В.А. Основные этапы внедрения ERP-системы / В.А. Королев, Д.А. Голдуева // Экономическое и социально-политическое развитие России в условиях глобализации и цифровизации: сборник статей по материалам Международной научно-практической очной конференции, г. Пенза, 23–24 апреля 2020 года. — Пенза: Пензенский государственный университет, 2022. — С. 108–113. — EDN RAGLGW.
5. Смирнова, Е.В. ERP-системы в пищевой промышленности / Е.В. Смирнова // Аллея науки. — 2019. — Т. 1, № 4(31). — С. 376–380. — EDN EHLHFX.
6. Старых, С.А. Практический аспект использования BI-систем как средство оценки управления организациями как социальными и экономическими системами / С.А. Старых // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15. — № 3. — URL: <https://esj.today/PDF/79ECVN323>.
7. Уразаков, Д.А. ERP системы в бизнесе / Д.А. Уразаков, А.С. Беяева // Российский электронный научный журнал. — 2023. — № 2(48). — С. 493–501. — DOI 10.31563/2308-9644-2023-48-2-493-501. — EDN GNAMPX.
8. Черняева, Ю.А. Критерии выбора ERP-системы для эффективного управления бизнесом / Ю.А. Черняева, Т.Ф. Шитова // Проблемы внедрения цифровых технологий в различные сферы деятельности: Материалы VI Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 25 апреля 2023 года / Редколлегия: С.Ю. Шашкин, Т.Ф. Шитова, С.Ф. Молодецкая. — Екатеринбург: Уральский институт управления — филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», 2023. — С. 73–77. — EDN PUVEOG.
9. Шальк, Г. Восемь требований к ERP-системе для пищевой промышленности / Г. Шальк, И. Демин // Мясная индустрия. — 2021. — № 3. — С. 17–19. — EDN BEODZF.

© Колмыков Дмитрий Анатольевич (dimon-life@mail.ru); Логунова Нина Юрьевна
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ: ОТ МЕХАНИЧЕСКОЙ ДО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ

Кондрашов Даниил Евгеньевич

Аспирант, Сургутский государственный университет
danil.jwx@yandex.ru

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF DIAGNOSTIC METHODS FOR PRINTED CIRCUIT BOARDS: FROM MECHANICAL TO INTELLECTUAL

D. Kondrashov

Summary. Printed circuit boards are of particular interest because it is this component that ensures the operability of various electronic systems. At the same time, one of the most pressing issues in recent years has been the diagnosis of printed circuit boards. Recently, significant changes have been observed related to the improvement of methods and technologies in the performance of these tasks. The main purpose of the presented article is to perform an analysis regarding the dynamics and composition of changes in the diagnostic methods of printed circuit boards. The author sets the task of a comprehensive assessment of this issue, considering the evolution of the development of these methods from mechanical to intellectual. The results of the presented study confirm the expediency of switching to intelligent tools and the impossibility of using constructive diagnostic methods in modern conditions. The author pays special attention to the issue of designing intelligent support systems and decision-making within the framework of the initial task. The materials of the work can be useful for modern developers specializing in improving the quality and effectiveness of diagnostic methods for printed circuit boards.

Keywords: diagnostics, printed circuit board, electronic system, technical diagnostics, artificial intelligence, machine learning.

Аннотация. Печатные платы представляют особый интерес ввиду того, что именно данным компонентом обеспечивается работоспособность различных электронных систем. При этом одним из наиболее актуальных вопросов на протяжении последних лет остается диагностика печатных плат. В течение последнего времени наблюдаются значительные изменения, связанные с совершенствованием методики и технологий при выполнении данных задач. Основной целью представленной статьи является выполнение анализа относительно динамики и состава изменения методов диагностики печатных плат. Автором поставлена задача комплексной оценки данного вопроса, рассматривая эволюцию развития данных методов от механических до интеллектуальных. Результаты представленного исследования подтверждают целесообразность перехода на интеллектуальные инструменты и невозможность использования конструктивных методов диагностики в современных условиях. Автором уделено особое внимание к вопросу проектирования интеллектуальных систем поддержки и принятия решений в рамках исходной задачи. Материалы работы могут быть полезны для современных разработчиков, специализирующихся на повышении качества и эффективности методов диагностики печатных плат.

Ключевые слова: диагностика, печатная плата, электронная система, техническая диагностика, искусственный интеллект, машинное обучение.

Введение

Печатные платы (от англ. Printed Circuit Boards, PCB) являются неотъемлемой частью современных электрических средств (далее — ЭС). Именно они обеспечивают компактное и надежное соединение электронных компонентов, что позволяет создавать сложные устройства с высокой функциональностью на минимальной площади [1]. Использование печатных плат позволяет значительно повысить надежность и долговечность электрических систем благодаря высокой точности их изготовления и минимизации ручного монтажа, что снижает вероятность человеческих ошибок.

Одним из ключевых преимуществ печатных плат является их универсальность и способность интегрировать в себя различные электронные компоненты,

от простых резисторов и конденсаторов до сложных микропроцессоров и микроконтроллеров. Это позволяет разработчикам создавать как простые бытовые устройства, так и сложные системы, такие как компьютеры, медицинское оборудование и авиационные системы [2]. Важной особенностью печатных плат является их способность обеспечивать уменьшение габаритов, что особенно актуально в современных условиях стремительного развития технологий и уменьшения размеров электронных устройств.

При этом играет важнейшую роль в обеспечении надежности и функциональности электрических систем играет диагностика печатных плат. Своевременное выявление и устранение неисправностей на этапе производства или эксплуатации позволяет значительно снизить затраты на ремонт и обслуживание, а также повысить

общую надежность ЭС. Диагностика печатных плат включает в себя различные методы, такие как визуальный осмотр, использование тестеров и специализированных диагностических станций, а также применение автоматических систем тестирования, которые позволяют проверять функциональность и целостность электрических соединений с высокой точностью. В рамках работы планируется проведение комплексного анализа, включая такие вопросы, как радиоэлектронные средства и техническая диагностика, современные подходы к системной интеграции и поддержке принятия решений, машинное обучение в диагностике, а также оценка существующих подходов и инструментов.

Результаты и обсуждение

Радиоэлектронные средства являются основой современных технологий и повсеместно используются в различных отраслях, включая связь, оборону, медицину, транспорт, бытовую электронику и иные актуальные направления в 2024 году. Их значимость обусловлена способностью обеспечивать передачу, прием и обработку информации на больших расстояниях и с высокой скоростью. В условиях стремительного технологического прогресса и роста объема данных, роль ЭС продолжает возрастать, делая их незаменимыми элементами в построении эффективных и надежных систем.

Так, актуальность вопроса технической диагностики радиоэлектронных средств обусловлена необходимостью поддержания их высокой надежности и работоспособности. Сложность и многофункциональность современных ЭС требуют регулярного мониторинга и диагностики для своевременного выявления, и устранения неисправностей [3]. Техническая диагностика позволяет предотвратить потенциальные сбои и отказы оборудования, что особенно важно в критически значимых приложениях, таких как авиационная и космическая техника, системы безопасности и медицинское оборудование. Техническая диагностика ЭС включает в себя комплекс методов и средств, направленных на оценку состояния и работоспособности электронных компонентов и систем. Это могут быть как простые тестеры и осциллографы, так и сложные автоматизированные системы тестирования, способные выполнять комплексный анализ параметров и характеристик устройств.

В условиях интенсивной эксплуатации и воздействия неблагоприятных внешних факторов, таких как вибрации, температурные перепады и электромагнитные помехи, регулярная диагностика ЭС становится критически важной. Она не только способствует увеличению срока службы оборудования, но и повышает общую надежность и безопасность систем, в которых они используются. Так, развитие и совершенствование методов технической диагностики ЭС является важной задачей для

обеспечения устойчивого и эффективного функционирования современных технологических систем.

Механические методы диагностики печатных плат играют важную роль в обеспечении надежности и долговечности электронных устройств [4]. Они позволяют выявлять дефекты, которые могут возникать из-за механических нагрузок, температурных изменений и других воздействий, оказывающих влияние на целостность и работоспособность плат. Одними из наиболее эффективных методов являются вибрационный анализ, акустическая эмиссия и термография. Вибрационный анализ, появившийся в период 1950–1960 годов, используется для определения устойчивости печатных плат к механическим колебаниям и вибрациям, которым они подвергаются в процессе эксплуатации. Этот метод позволяет выявить слабые места в конструкции платы, такие как недостаточная прочность пайки или монтажных соединений. Вибрационные испытания проводят с использованием специальных стендов, на которых плата подвергается контролируемому колебанию. Анализируя реакцию платы на вибрацию, можно выявить потенциальные точки отказа и предотвратить их разрушение в реальных условиях эксплуатации.

Термография, получившая свое активное развитие в 1960–1970 годах, является методом диагностики, использующим инфракрасное излучение для измерения температурного поля на поверхности печатной платы. Изменения температуры могут указывать на наличие дефектов, таких как короткие замыкания, плохие контакты или перегрев компонентов. Тепловизоры позволяют визуализировать распределение температуры и выявлять аномальные зоны, где могут происходить отказные процессы [5]. Термография эффективна для мониторинга теплового состояния платы в реальном времени, что позволяет оперативно реагировать на выявленные проблемы и принимать меры для их устранения.

Акустическая эмиссия, представляя один из более новых механических методов от 1970–1980 годов, представляет собой метод диагностики, основанный на регистрации высокочастотных звуковых волн, которые возникают при образовании микротрещин и других дефектов в материале печатной платы. Этот метод позволяет обнаруживать начальные стадии разрушения и проводить профилактическое обслуживание, предотвращая серьезные поломки. Специальные датчики улавливают акустические сигналы, и по их характеристикам можно определить местоположение и природу дефектов. Акустическая эмиссия особенно эффективна для обнаружения дефектов в местах пайки и соединений, которые трудно выявить другими методами.

Несмотря на эффективность механических методов диагностики печатных плат, наблюдается ряд недостатков

ков, которые ограничивают их применение в современных условиях. Во-первых, эти методы требуют значительных временных и финансовых затрат на установку оборудования и проведение испытаний. Процесс диагностики может быть трудоемким и требовать высококвалифицированного персонала для интерпретации данных, что увеличивает общие расходы на техническое обслуживание. Во-вторых, механические методы диагностики часто обладают ограниченной чувствительностью и разрешающей способностью. Например, вибрационный анализ и акустическая эмиссия могут не выявлять мелкие дефекты или скрытые повреждения, которые могут стать причиной отказов в будущем. Термография, хотя и эффективна для выявления тепловых аномалий, не всегда способна точно определить причину перегрева, что может затруднить диагностику и устранение проблем. Более того, такие методы могут быть менее эффективны для диагностики сложных многоуровневых печатных плат с плотной компоновкой компонентов.

В связи с этими недостатками в 2024 году возрастает необходимость перехода на технологии искусственного интеллекта (далее — ИИ) и машинного обучения (далее — МО) для диагностики печатных плат. ИИ может значительно улучшить процесс диагностики за счет системной интеграции и системы поддержки принятия решений (далее — СППР). МО позволяет обрабатывать большие объемы данных, получаемых с различных датчиков и тестеров, выявлять скрытые зависимости и паттерны, которые могут указывать на потенциальные дефекты [6]. Интеграция ИИ в диагностические системы позволяет автоматизировать процесс анализа данных, сокращая время диагностики и снижая требования к квалификации обслуживающего персонала. ИИ-алгоритмы могут обучаться на основе исторических данных и на-

капливать знания о типичных дефектах и их признаках, что повышает точность и достоверность диагностики. Это также позволяет предсказывать отказы и проводить профилактическое обслуживание до возникновения серьезных проблем.

Поддержка принятия решений на основе ИИ и МО, в частности, позволяет операторам получать рекомендации по оптимальным действиям для устранения выявленных дефектов, что ускоряет процесс ремонта и снижает риск ошибок [7]. Системы, оснащенные ИИ, могут интегрироваться с другими компонентами производственного процесса, обеспечивая более эффективное управление ресурсами и оптимизацию производственных операций. Как видно, переход на технологии искусственного интеллекта в диагностике печатных плат является актуальной задачей, позволяющей преодолеть ограничения традиционных методов и значительно повысить эффективность и надежность электронных систем.

Системы поддержки принятия решений на основе машинного обучения в задаче диагностики печатных плат работают по принципу анализа больших объемов данных, собранных с различных диагностических устройств и сенсоров. Эти системы используют алгоритмы машинного обучения для выявления скрытых паттернов и аномалий, которые могут указывать на потенциальные дефекты или неисправности в печатных платах. Процесс начинается с предварительной обработки данных, которая включает сбор, очистку и нормализацию данных. Данные могут поступать из различных источников, таких как вибрационные анализаторы, инфракрасные камеры для термографии, и устройства акустической эмиссии. Затем данные метятся и разбиваются на тренировочные

Таблица 1.

Алгоритмы машинного обучения в задаче диагностики

№	Алгоритм	Преимущества	Недостатки
1	Q-обучение	Адаптивность: эффективно обучается в различных средах, адаптируясь к изменениям Простота: Алгоритм прост в реализации и применим к различным задачам управления и оптимизации Высокая точность: Q-обучение показывает высокую точность и устойчивость к переобучению	Проблемы с масштабируемостью: Q-обучение может столкнуться с проблемами в высокоразмерных пространствах состояний и действий. Необходимость в длительном обучении: для достижения хорошей производительности может потребоваться значительное количество итераций
2	Random Forest	Информативность: Модель предоставляет оценку важности признаков, что полезно для интерпретации результатов	Вычислительная сложность: Обучение большого числа деревьев может быть вычислительно затратным Чувствительность к гиперпараметрам: Производительность модели может зависеть от выбора гиперпараметров, таких как количество деревьев и глубина деревьев
3	XGBoost	Эффективность: Алгоритм оптимизирован для высокой производительности и эффективного использования памяти и ресурсов	Сложность настройки: Настройка гиперпараметров может быть сложной и требовать значительных усилий Вычислительные ресурсы: Обучение XGBoost может быть ресурсозатратным, особенно на больших наборах данных

и тестовые выборки [8]. На этапе обучения модель машинного обучения обучается на размеченных данных, чтобы распознавать типичные дефекты и их признаки. Это может включать использование различных алгоритмов, таких как случайные леса (Random Forest), градиентный бустинг (XGBoost), Q-обучение, а также различные нейронные сети (FCNN, CNN, RNN), которые способны выявлять сложные и нелинейные зависимости между признаками данных. После обучения модель проверяется и валидируется на тестовых данных, чтобы оценить ее точность и надежность. На этом этапе разрабатываемая модель также должна оптимизироваться для улучшения ее производительности.

Ключевыми вопросами при проектировании СППР для решения исходных задач по диагностике печатных плат является выбор алгоритма обучения и типа искусственной нейронной сети. В табл. 1 представлены результаты анализа и систематизации по алгоритмам машинного обучения применительно к данной задаче.

Результаты анализа свидетельствуют о том, что каждый из данных алгоритмов применим к решению исходной задачи по диагностике печатных плат. Однако наиболее эффективным станет использование Q-обучения ввиду возможности беспрепятственного обучения в различных средах, а также высокой точности результатов.

Последующим вопросом в проектировании СППР для диагностики печатных плат является выбор типа искусственной нейронной сети. В табл. 2 представлены результаты анализа и систематизации по видам искусственных нейронных сетей применительно к исходной задаче.

В результате анализа можно однозначно определить наиболее эффективную сеть, которой является FCNN. Основными преимуществами данной сети является

универсальность, а также возможность обработки различных типов данных, что особенно актуально в комплексной диагностике печатных плат, включая анализ изображений и числовых зависимостей [9]. При этом проблема переобучения решается за счет дополнительных методов.

После выбора алгоритма, сети и ее обучения происходит интеграция в СППР. В режиме реального времени данные, полученные с диагностических устройств, анализируются обученной моделью. Модель автоматически идентифицирует аномалии и потенциальные дефекты, выдавая предупреждения и рекомендации операторам. Операторы могут использовать эти рекомендации для быстрой диагностики и принятия решений по ремонту или замене дефектных компонентов [10]. Система также накапливает новые данные для дальнейшего обучения и улучшения модели, обеспечивая ее адаптацию к изменяющимся условиям и новым типам дефектов. Как видно, системы поддержки принятия решений на основе машинного обучения повышают точность и эффективность диагностики печатных плат, позволяя быстро выявлять и устранять неисправности, минимизируя простой и затраты на обслуживание.

Заключение

Разработка систем поддержки принятия решений для диагностики печатных плат представляет собой важное направление в области технической диагностики и обеспечения надежности радиоэлектронных средств. Актуальность данного направления обусловлена необходимостью точного и своевременного выявления неисправностей, что напрямую влияет на безопасность и эффективность работы различных устройств.

Механические методы диагностики, такие как вибрационный анализ, акустическая эмиссия и термография,

Таблица 2.

Использование сетей в задаче диагностики

№	Сеть	Преимущества	Недостатки
1	FCNN	Универсальность: FCNN могут применяться к различным типам данных и задач Простота: они относительно просты в проектировании и обучении по сравнению с другими типами нейронных сетей	Склонность к переобучению: FCNN могут переобучаться на ограниченных данных, что требует тщательной регуляризации
2	CNN	Эффективность в обработке изображений: CNN превосходно справляются с задачами анализа изображений и видео Меньшее количество параметров: благодаря использованию сверточных слоев требуют меньше параметров, чем полносвязные сети	Сложность: Проектирование и обучение CNN могут быть сложными и требовать значительных вычислительных ресурсов Неприменимость к другим типам данных: CNN менее эффективны для задач, не связанных с анализом изображений
3	RNN	Учет временных зависимостей: RNN способны моделировать данные, где важна временная последовательность событий Применимость к различным задачам: они могут быть использованы для анализа временных рядов, предсказания последовательностей и других задач, связанных с временными данными	Проблемы с градиентом: RNN могут сталкиваться с проблемами затухания и взрыва градиентов, что затрудняет обучение на длинных последовательностях Вычислительная сложность: Обучение RNN может быть вычислительно затратным и требовать больших объемов данных и ресурсов

исторически играли ключевую роль в обнаружении дефектов. Эти методы, появившиеся и активно используемые с конца XX века, обеспечивают физическое тестирование плат и выявление аномалий. Однако данные методы имеют существенные недостатки — высокая стоимость оборудования, ограниченные возможности в обнаружении внутренних дефектов и зависимость результатов от человеческого фактора. Эти методы также требуют значительного времени и ресурсов для проведения полноценного анализа, что ограничивает их эффективность в условиях массового производства и эксплуатации.

Современные подходы с использованием машинного обучения и искусственных нейронных сетей предлагают решение этих проблем. Технологии искусственного интеллекта позволяют автоматизировать процесс диагностики, снижая влияние человеческого фактора и повышая точность и скорость анализа. Системы, основанные на алгоритмах машинного обучения, демонстрируют высокую эффективность в задачах классификации и регрессии, необходимых для оценки состояния печатных плат. Данные алгоритмы способны обрабатывать большие объемы данных, выявлять сложные зависимости и прогнозировать вероятные неисправности.

В результате анализа определено, что наиболее эффективными инструментами для реализации СППР при-

менительно к исходной задаче является Q-обучение, а также сеть FCNN. При этом необходимо подчеркнуть, что итоговый выбор зависит от индивидуальных особенностей и требований к системе. Автором определены инструменты, наиболее применимые для комплексных СППР, выявляющих дефекты любых типов. Однако для частных случаев возможно использование иных инструментов. В связи с этим важно подчеркнуть, что представленные материалы могут стать основой для последующих исследований, посвященных проектированию СППР для диагностики печатных плат, обеспечивающих, в свою очередь, возможность комплексной оценки и выявления дефектов.

В заключение важно отметить, что интеграция технологий ИИ и машинного обучения в процессы диагностики печатных плат представляет собой значительный шаг вперед по сравнению с традиционными механическими методами. СППР, основанные на МО, обеспечивают более высокую точность, скорость и эффективность диагностики, что существенно повышает надежность и долговечность радиоэлектронных устройств. Таким образом, переход к использованию ИИ и машинного обучения в диагностике ПП является не только актуальным, но и необходимым для современных промышленных и исследовательских процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Складнова М.С. Методы контроля печатных плат // *Colloquium-journal*. 2019. №25 (49). С. 45–46.
2. Мамчур М.О., Нарожнов В.В. Исследование механических колебаний многослойных печатных плат // *Известия КБНЦ РАН*. 2019. №6 (92). С. 95–101.
3. Yao C., Elaine N., Wang S.X. An automated and mobile magnetoresistive biosensor system for early hepatocellular carcinoma diagnosis. *Biosensors and Bioelectronics*. Volume 202. 2022.
4. Аль-Араджи З.Х. Методика оценки усталостного ресурса печатной платы с использованием принципа линейных накопленных повреждений при различных граничных условиях // *Вестник ВГТУ*. 2021. №3. С. 114–120.
5. Mahapatra S., Kumari R., Chandra P. Printed circuit boards: system automation and alternative matrix for biosensing. *Trends in Biotechnology*. Volume 42, Issue 5. 2024. P. 591–611.
6. Ромашенко М.А., Васильченко Д.В., Пухов Д.А. Использование нейросетевых алгоритмов для визуального контроля топологии печатных плат // *Вестник ВГТУ*. 2022. №3. С. 78–82.
7. Li Y., Zhang R., Li S., Liu Z., Zhang J., Fu Y. Progress in wearable acoustical sensors for diagnostic applications. *Biosensors and Bioelectronics*. Volume 237. 2023.
8. Ciszewski P., Sochacki M., Stęplewski W., Kościelski M., Arażna A., Janeczek K. A comparative analysis of printed circuit drying methods for the reliability of assembly process. *Microelectronics Reliability*. Volume 129. 2022.
9. Ромашенко М.А., Васильченко Д.В., Неклюдов А.Л., Рожненко С.Н., Колбая К.Ч. Методика сбора и оценки диагностических сигналов при анализе воздействия ЭМП на электронные средства // *Вестник ВГТУ*. 2020. №6. С. 98–101.
10. Изосимова Т.А., Максимова М.В., Михайлова О.В. Разработка автоматизированной системы управления диагностикой печатных плат на основе машинного зрения // *Вестник НГИЭИ*. 2018. №1 (80). С. 7–18.

© Кондрашов Даниил Евгеньевич (danil.jwx@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РАСЧЕТА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ НЕФТЕШЛАМАМИ

ANALYSIS OF THE USE OF MATHEMATICAL MODELS FOR CALCULATION OF SOIL POLLUTION BY OIL SLUDGE

*M. Kravtsov
D. Orlova*

Summary. The article presents a comparative analysis of existing mathematical models and the possibility of their use in the process of assessing the degree of soil contamination by oil products and the possibility of restoring the soil cover using chemical and biological methods of its purification. The article substantiates the use of mathematical modeling methods to assess the degree of soil contamination by oil products and the choice of the most effective biological method of their purification without the use of long-term analytical studies, which will provide the opportunity to maximally reduce environmental damage through operational measures for restoration. Particular attention is paid to the search for an optimal mathematical model that allows the most accurate calculation of the degree of soil contamination and the time for its remediation, taking into account the choice of biopreparation. The models consider the processes of transfer and transformation of the object of pollution in homogeneous soil, transfer in water-saturated soils with deep and close groundwater table taking into account equilibrium sorption (characterized by linear isotherm of exchange), as well as non-equilibrium irreversible sorption. Models that take into account the influence of various factors on the spread of contamination, such as temperature, soil moisture, presence of vegetation and others, are considered.

Keywords: mathematical modeling, oil sludge, neutralization of contaminated soil, bioremediation, biological methods.

Кравцов Михаил Валериевич

ФГБОУ ВО «Тольяттинский
государственный университет»
eco_engineer_63@mail.ru

Орлова Дарья Дмитриевна

ФГБОУ ВО «Тольяттинский
государственный университет»
orlova2001.d@yandex.ru

Аннотация. В статье проведен сравнительный анализ существующих математических моделей и возможности их использования в процессе оценки степени загрязнения почвы нефтепродуктами и возможности восстановления почвенного покрова при использовании химических и биологических способов ее очистки. Обоснованно использование методов математического моделирования для оценки степени загрязнения почвы нефтепродуктами и выбора наиболее эффективного биологического способа их очистки без применения длительных аналитических исследований, что обеспечит возможность максимально снизить экологический ущерб за счет оперативных мероприятий по восстановлению. Особое внимание уделяется поиску оптимальной математической модели, которая позволяет наиболее точно провести расчет степени загрязнения почвы и времени на ее восстановление с учетом выбора биопрепарата. В моделях рассматриваются процессы переноса и трансформации объекта загрязнения в однородной почве, переноса в водонасыщенных почвах с глубоким и близким залеганием уровня грунтовых вод с учетом равновесной сорбции (характеризуемой линейной изотермой обмена), а также неравновесной необратимой сорбции. Рассмотрены модели, которые учитывают влияние различных факторов на распространение загрязнения, таких как температура, влажность почвы, наличие растительности и другие.

Ключевые слова: математическое моделирование, нефтезагрязненные почвы, модель, биоремедиация почв, биологические методы.

Введение

Почва сложная биологическая система, которая находится в динамическом равновесии. Нарушение такого равновесия в большинстве случаев связана с производственной деятельностью.

Нефтешламы, представляющие собой смесь нефти, минеральных веществ и других химических компонентов, становятся серьезной угрозой для почвенного покрова и его биологического разнообразия. Они попадают в почву в результате разлива нефти, несчастных случаев на нефтеперерабатывающих заводах и других промышленных объектах, а также в результате несанкционированного использования грунта для размещения нефтесодержащих отходов.

Поэтому загрязнение почвы нефтешламами является серьезной проблемой, которая может иметь негативные последствия для окружающей среды. Поэтому для эффективного решения этой проблемы необходимо разрабатывать и применять математические модели, позволяющие предсказывать и анализировать распространение загрязнения и его воздействие на окружающую среду, а также позволит оценить степень загрязнения и разработать эффективные методы рекультивации почвы.

Моделирование является одним из основных средств исследования как в физике, так и в биологии. Во многих практически важных случаях только основанная на экспериментальных данных модель позволяет понять и оценить происходящие процессы. Теория динамиче-

ских систем дает принципиальную возможность описания сложных типов динамического поведения.

Литературный обзор

Математические модели расчета загрязнения почвы нефтешламами основаны на решении уравнений, описывающих процессы переноса и трансформации объекта загрязнения в почве. Одной из основных задач моделирования является определение концентрации нефтешламов в почве в зависимости от времени и пространственных координат.

Одной из наиболее распространенных моделей для расчета загрязнения почвы нефтешламами является модель распространения загрязнения в однородной почве. Для расчета концентрации загрязнения используется уравнение диффузии, которое описывает процесс переноса нефтепродуктов в почве.

Модель конвективного переноса учитывает скорость движения загрязняющих веществ с помощью уравнения диффузии. Она базируется на предположении о равномерном распределении загрязнений в почве и позволяет оценить изменение концентрации загрязняющих веществ в зависимости от времени и расстояния.

Объектом анализа является решение уравнения переноса в водонасыщенных почвах с глубоким и близким залеганием уровня грунтовых вод с учетом равновесной сорбции (характеризуемой линейной изотермой обмена), а также неравновесной необратимой сорбции (характеризуемой биологической трансформацией в почвенном растворе, протекающей в соответствии с моделью кинетики первого порядка) в почве, которое имеет вид:

$$\left(1 + \frac{\rho}{\theta} k\right) \frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - v \frac{\partial C}{\partial x} - \mu C(x, t)$$

- где $C(x, t)$ — концентрация почвенного раствора (ML-3);
- k — константа уравнения изотермы адсорбции Фрейндлиха (L3M-1);
- θ — объемная влажность почвы (L3L-3);
- ρ — плотность сложения почвы (ML-3);
- D — коэффициент конвективной диффузии (L2T-1);
- v — средняя скорость потока почвенной влаги (LT-1);
- t — время (T);
- x — расстояние (M);
- μ — коэффициент скорости разложения в почвенном растворе (T-1).

Однако в действительности почва в большинстве случаев является неоднородной, что приводит к неравномерному распределению в ней нефтешлама. Поэтому важным фактором в таких математических моделях следует учесть геометрическую структуру почвенного слоя.

Для учета этого фактора используются более сложные модели. Эти модели позволяют учесть влияние пористости почвы, степени насыщения влагой, а также гидродинамических свойств веществ на распределение загрязнений в почве.

Кроме того, модели для расчета концентрации загрязнения почвы нефтешламами могут учитывать различные процессы трансформации загрязнителей, такие как биологическое разложение, физико-химические реакции и адсорбция на минеральных частицах почвы. Это позволяет более точно предсказывать динамику загрязнения и оценивать эффективность различных методов очистки почвы.

Одним из примеров таких моделей является модель Моно, которая описывает распространения загрязнения почвы нефтешламами с учетом биологического разложения. В этой модели учитывается процесс разложения нефтешламов под воздействием микроорганизмов, что позволяет оценить скорость очистки почвы и определить оптимальные условия для биоремедиации.

Модель Моно описывает процесс изменения количества субстрата под действием микроорганизмов:

$$\frac{d(t)}{dt} = -\frac{\alpha \mu C(t)}{C(t) + K} M(t)$$

$$\frac{dM(t)}{dt} = -\frac{\mu C(t)}{C(t) + K} M(t) - \lambda M(t)$$

- где $C(t)$ — концентрация субстрата;
- $M(t)$ — концентрация микроорганизмов;
- μ — максимальная скорость роста микроорганизмов при данных условиях;
- K — константа, численно равная концентрации субстрата, при которой скорость роста культуры равна половине максимальной;
- α^{-1} — коэффициент, показывающий, какая часть поглощенного субстрата идет на приращение биомассы;
- λ — скорость отмирания клеток;
- t — время (в мес.).

В случае внесения в почву микроорганизмов-нефтедеструкторов в качестве субстрата выступает нефть. Однако данная модель не учитывает того, что часть компонентов нефти может разлагаться под действием физико-химических факторов. Рассмотрим линейную модель разложения компонентов нефти под действием физико-химических факторов

$$\frac{dC_1(t)}{dt} = -\delta C_1(t)$$

где $C_1(t)$ — часть компонентов нефти, разлагаемых под действием физико-химических факторов;

δ — коэффициент, зависящий от характера загрязнения и свойств почвы, рассчитывается на основе экспериментальных данных.

С учетом действия физико-химических факторов, модель изменения концентрации нефти в случае внесения в почву нефтеразлагающих микроорганизмов может быть записана в виде:

$$\begin{cases} \frac{dC(t)}{dt} = \frac{dC_1(t)}{dt} + \frac{dC_2(t)}{dt}; \\ \frac{dC_1(t)}{dt} = -\delta C_1(t); \\ \frac{dC_2(t)}{dt} = -\frac{\alpha \mu C_2(t)}{C_2(t) + K} M(t); \\ \frac{dM(t)}{dt} = \frac{\mu C_2(t)}{C_2(t) + K} M(t) - \lambda M(t). \end{cases}$$

где $C(t)$ — концентрация нефти в почве;
 $C_1(t)$ — часть компонентов нефти, разлагаемых под действием физико-химических факторов;
 $C_2(t)$ — часть компонентов нефти, разлагаемых под действием микроорганизмов.

Начальные условия для такой системы имеют вид:

$$M(0) = M_0, C(0) = C_0, C_1(0) = (1 - \sigma)C_0, C_2(0) = \sigma C_0$$

Коэффициент σ определяет часть нефти, разлагаемой под действием микроорганизмов.

Модель Н.Д. Иерусалимского. В 1965 году им был сформулирован закон «лимитирующего фактора» для ферментативных процессов. Также Иерусалимский показал, что «при отсутствии продукта скорость роста биомассы максимальна, то есть данная модель учитывает рост клеток не только от концентрации субстрата, но и от продуктов метаболизма. Их накопление является ингибирующим фактором для роста биомассы. Модель имеет вид

$$\mu = \frac{\mu_m}{1 + \frac{P}{K_p}}$$

где K_p — кинетическая константа ингибирования продуктом, г/л;
 μ_m — максимальная удельная скорость роста;
 P — концентрация продуктов метаболизма.

Модель П.Ф. Ферхюльста. Он установил, что удельная скорость отмирания биомассы принята пропорциональной плотности (биомассе) популяции клеток, также он учел системный фактор, который ограничивает рост этой популяции клеток. «Стоит отметить, что при малых значениях количества клеток их численность возрастает экспоненциально, а при больших — приближается к определенному пределу K . Эта величина называется

емкостью популяции клеток, определяется ограниченностью пищевых ресурсов и другими факторами» [1]. Модель имеет вид

$$\frac{dx}{dt} = r \cdot x \cdot \left(1 - \frac{x}{K}\right)$$

где r — количество клеток;
 x — удельная скорость роста клеток, сутки⁻¹;
 K — ёмкость популяции, характеризующая предельную численность популяции клеток.

Модель Н.В. Степановой. Было допущено, что «однородность клеток в микробной популяции относительна, большую роль в процессах роста играет возрастная структура. Клетки разбиты на 2 группы — молодые и старые. Клетки первой группы интенсивно растут, но не достигли физиологической зрелости и неспособны делиться, а члены второй группы способны к делению, процесс может быть задержан с помощью ингибиторов» [1]. Модель для молодых и старых клеток может быть записана в следующем виде, где множитель 2 предполагает, что старая клетка делится на две молодые:

$$\frac{dN_1}{dt} = \frac{2 \cdot N_2}{T_2} - \frac{N_1}{T_1} - D \cdot N_1, \quad \frac{dN_2}{dt} = \frac{N_1}{T_1} - \frac{N_2}{T_2} - D \cdot N_2$$

где N_1, N_2 — численность молодых и старых клеток;

T_1, T_2 — среднее время созревания молодой клетки и время пребывания старой клетки в репродуктивном периоде;

D — скорость протока.

Модель Холдейна: (с учетом ингибирующего действия субстрата)

$$\frac{dx}{dt} = \mu_{max} \cdot \frac{S}{k_s + S + S^2 / k_i} \cdot x$$

k_i — константа ингибирования

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{x}{Y_{S/X}} \cdot \mu_{max} \cdot \frac{S}{k_s + S + S^2 / k_i}$$

Модель Герберта (с учетом гибели микроорганизмов)

$$\frac{dx}{dt} = \mu_{max} \cdot \frac{S}{k_s + S} \cdot x - \beta \cdot x$$

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{x}{Y_{S/X}} \cdot \mu_{max} \cdot \frac{S}{k_s + S}$$

Модели для смешанных популяций учитывают гетерогенность видового состава биомассы.

Модель Кеннела (учитывает взаимоотношение микроорганизмов как хищник — жертва).

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{1}{\alpha} \cdot \frac{\mu_m x S}{(k_S + S)}$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\mu_m x S}{(k_S + S)} - \frac{\mu_b x b}{\alpha_b (k_x + x)}$$

$$\frac{db}{dt} = \frac{\mu_b x b}{(k_x + b)}$$

Также существуют модели, которые учитывают влияние различных факторов на распространение загрязнения, таких как температура, влажность почвы, наличие растительности и другие. Это позволяет более точно предсказывать динамику загрязнения и разрабатывать эффективные стратегии управления и восстановления загрязненных почв.

Заключение

Таким образом, анализ математических моделей расчета загрязнения почвы нефтешламами является

важным инструментом для прогнозирования и оценки степени загрязнения, а также разработки эффективных методов рекультивации почвы. Данные модели позволяют учитывать различные факторы, влияющие на распространение загрязнения, и предоставляют информацию, необходимую для принятия решений по управлению и защите окружающей среды.

Важно отметить, что точность и достоверность результатов моделирования зависит от качества входных данных, поэтому необходимо проводить тщательный анализ параметров, используемых в моделях. Такой подход позволит получить объективные оценки степени загрязнения и разработать эффективные меры по его устранению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ризниченко Г.Ю. Математические модели в биофизике и экологии.
2. Водопьянов В.В. Математическое моделирование численности микроорганизмов и биодegradации нефти в почве // Вест. УГАТУ. — 2006 — Т.8. — №1(17). — С.132–137.
3. Чеботарева Э.В. Математические модели изменения концентрации нефти в загрязненных почвах под действием сорбентов и микроорганизмов // Вестник ТГГПУ. 2011. № 26 (4). С. 2–5.
4. Венецианов Е.В. Расчет процесса биологической очистки подземных вод и почв от нефтяных загрязнений на основе математической модели // Экология промышленного производства. 2006. С. 24–28.
5. Данилов А.С., Созина И.Д. Микробиологическая ремедиация нефтезагрязненных почв // Записки Горного института. 2023. (2023). С. 1–16.
6. Кузнецов А.Е. Прикладная экибиотехнология: учеб. пособие для студентов обучающихся по специальности «Биотехнология» / А.Е. Кузнецов, 2013. 629 с.
7. Goi A. Combined chemical and biological treatment of oil contaminated soil // Chemosphere. 2006. № 10 (63). С. 1754–1763.
8. Артюх Е.А. Перспективы применения биосорбентов для очистки водоемов при ликвидации аварийных разливов нефти // Экология и системы жизнеобеспечения. 2014. С. 58–66.
9. Моделирование загрязнения почв при разливах углеводородов. [Электронный ресурс] — URL: https://studme.org/135927/ekologiya/modelirovanie_zagryazneniya_pochv_razlivah_uglevodorodov
10. Ветрова А.А. Биодеструкция нефти отдельными штаммами и принципы составления микробных консорциумов для очистки окружающей среды от углеводородов нефти // Известия Тульского Государственного Университета. Естественные Науки. 2013. № 2–1. С. 241–257.

© Кравцов Михаил Валериевич (eco_engineer_63@mail.ru); Орлова Дарья Дмитриевна (orlova2001.d@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

THE EFFECTIVENESS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN THE FOOD INDUSTRY

**A. Polyakov
A. Obelentseva
N. Logunova**

Summary. Artificial intelligence focuses on creating algorithms and programs capable of performing complex tasks and automating technological processes in various fields. The level of effectiveness of the use of artificial intelligence determines the capabilities of specialized software. Neural network technologies contribute to the calculation of optimal data in the final result. The introduction of neural networks into the technological process is conditioned by certain problems, from the point of view of the implementation process. Emphasizes data handling, analyzing vast quantities of data, enhancing process efficiency and accessibility, managing their allocation with minimal barriers to entry, and offering tailored recommendations.

Keywords: artificial intelligence, tensorflow, neural network, recipe box, adaptation.

Поляков Алексей Николаевич

Аспирант, «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)»
cloudluck@yandex.ru

Обелентцева Алёна Юрьевна

Аспирант, «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)»
obelentsevaayu@mgupp.ru

Логунова Нина Юрьевна

Доцент, «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)»
logunova@mgupp.ru

Аннотация. Искусственный интеллект фокусируется на создании алгоритмов и программ, способных выполнять сложные задачи и автоматизации технологических процессов в разных областях. Уровень эффективности применения искусственного интеллекта определяет возможности специализированного программного обеспечения. Нейросетевые технологии способствуют в расчете оптимальных данных в конечном результате. Внедрение нейросетей в технологический процесс обуславливается определённой проблематикой, с точки зрения процесса реализации. Особое внимание уделяется обработке данных, анализу огромных объемов данных, повышению эффективности и доступности процессов, управлению их распределением с минимальными барьерами для входа и предложению индивидуальных рекомендаций.

Ключевые слова: искусственный интеллект, tensorflow, нейронная сеть, recipe box, адаптация.

Введение

«Искусственный интеллект не является ни добром, ни злом. Это инструмент. Это технология, которую мы можем использовать»

Орен Эциони

Эффективность применения инновационных информационных технологий в промышленности уже доказала свою значимость. Не осталась в стороне и пищевая промышленность. Ежегодно в данном направлении разрабатывается и реализуется как широкопрофильное, проприетарное программное обеспечение, так и узкоспециализированное. Особое внимание уделяется нейросетям, как к актуальному и универсальному инструменту. Применение алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ) в производственном процессе существенно улучшает качество изделий, одновременно сокращая затраты времени. [10]

В России, так же, как и в других развитых странах, степень интеграции ИИ в технологическое производство все еще недостаточно развита. На данный момент, использование таких технологий остается довольно специфическим и узконаправленным. Основная прерогатива пищевой промышленности — производство продукции с чётким и ограниченным сроком годности. От нескольких месяцев до нескольких лет и от пары дней, до нескольких недель. Выпускать качественный и актуальный продукт, отвечающий производственным стандартам и потребностям — крайне необходимо грамотно проводить технологический процесс.

Важность исследования заключается не только в автоматизированном технологическом процессе, но и в эффективной оптимизации его. Системы искусственного интеллекта способны анализировать разные параметры, а также прогнозировать состояние оптимальности для получения необходимого результата и автоматизировать процесс.

Такие решения могут быть применены в пищевой промышленности разного направления от производства кормов для животных до продуктов необходимых для жизнедеятельности человека.

Системы искусственного интеллекта берут на себя разное управление технологическим процессом, от управления промышленными роботами и производственных линий до офисной работы. Широкая вариативность позволяет применять искусственный интеллект абсолютно на разных участках производства.

Проблематика внедрения

Нейросети на данный момент обладают средней степенью экспертности.

На территории Российской Федерации, приблизительно, только 11 % предприятий полноценно используют искусственный интеллект (ИИ). Обусловлено это низкой совместимостью с текущей инфраструктурой. В западных странах-лидерах ситуация примерно схожая. Основные проблемы выявляются на уровне недостатка специалистов с необходимыми компетенциями — 47 %, а также непонимание как внедрить искусственный интеллект для решения прикладных задач — 52 %. Естественно для тотального внедрения искусственного интеллекта в производство возникают сложности. Так как нейросеть ограничивается данными, в основном, из открытых источников, есть весомый процент получить не совсем проверенную информацию. А для полноценного технологического процесса это крайне важно. Также проблематика проявляется в окупаемости. Причина довольно проста — значительные затраты для создания идеальных условий для внедрения технологий на базе искусственного интеллекта и недостаточное количество квалифицированных специалистов. В качестве решения предлагается применять нейросетевые технологии на базе открытых исходных кодов и операционных систем, а также развитие собственной компонентной базы. [9] В марте 2024 года Министерство экономического развития объявило о запуске программы для сертификации технологий ИИ. Организации, применяющие такие одобренные инновации, получают поддержку от государства, в соответствии с Федеральным проектом «Искусственный интеллект» и исполнением распоряжения Президента РФ о стимулировании развития искусственного интеллекта в стране. [12], [13]

Исследование

Основной вектор исследования — динамически развивающаяся нейросетевая технология на примере комплексной платформы для машинного обучения

TensorFlow¹. Преимущество выбора — низкий порог вхождения. Данная платформа позволяет создавать модели машинного обучения, которые могут быть адаптированы к любой профессиональной среде на основе точных и полных алгоритмов. Алгоритмы искусственного интеллекта позволяют добиться больших показателей точности за ограниченное время, что несопоставимо с количеством усилий других алгоритмов. [6], [7] Применяется технология кросс-валидации². Всё это требует мощного аппаратного обеспечения, поэтому активно практикуется аренда мощностей для машинного обучения, глубокого обучения или же используется свой кластер с обеспеченным доступом. [1], [11]

В качестве объекта исследования используется алгоритмический расчёт рецептуры изготовления ржаного хлеба с тмином и кориандром. За основу берется платформа TensorFlow, как модель машинного обучения, адаптированная под специальные задачи. [4], [5] Распространяется на основе лицензии Apache License 2.0³ (лицензия на свободное программное обеспечение Apache Software Foundation). Данное программное обеспечение базируется на python. Инсталляция проходит достаточно просто, с помощью специальной команды, через пакетный менеджер pip:

1. Обновляем PIP до последней версии

```
pip install --upgrade pip
```

2. Загрузка и установка TensorFlow

```
pip install tensorflow
```

3. Подключение TensorFlow в Python коде

```
import tensorflow as tf
```

Работа с TensorFlow строится вокруг построения графа вычислений, а именно как будут проводиться вычисления при построчном выполнении кода. Основа TensorFlow — построение структуры, которая задаёт порядок вычислений. На основе таких вычислений создаётся алгоритм выходящего результата. [1], [11]

TensorFlow это рекуррентная нейронная сеть (RNN), что относится к классу глубоких нейронных сетей основанных на последовательности, применяемых к данным.

¹ Открытая программная библиотека для машинного обучения, разработанная компанией Google, для создания и обучения разнообразных моделей машинного обучения

² Методика обучения и оценки модели, которая разбивает данные на несколько секций и обучает несколько алгоритмов на этих секциях.

³ Данная лицензия даёт пользователю право использовать программное обеспечение для любых целей, свободно изменять и распространять изменённые копии, за исключением названия.

[8] Глубокое обучение можно рассматривать как метод, нацеленный на повышение производительности и сокращение времени обработки различных компьютерных задач. В основе расчёта используется концепция сети Элмана и её рабочие формулы. Алгоритм расчёта осуществляется следующим образом: сначала весам присваиваются начальные значения. Затем вычисляются все сигналы в сети. Далее производится расчёт значений для нейронов первого слоя. После этого вычисляются компоненты вектора градиента целевой функции и корректируются веса нейронов обоих слоёв согласно следующим формулам:

$$w_{nm}^{(2)} \leftarrow w_{nm}^{(2)} - \nu \frac{\partial E_k(W)}{\partial w_{nm}^{(2)}},$$

$$w_{nm}^{(1)} \leftarrow w_{nm}^{(1)} - \nu \frac{\partial E_k(W)}{\partial w_{nm}^{(1)}},$$

где $w_{nm}^{(2)}$ и $w_{nm}^{(1)}$ — веса, соответствующие нейронам во втором и первом слоях соответственно, ν — коэффициент обучения, который определяет размер шага при обновлении весов, $E_k(W)$ — целевая функция (функция потерь), которая измеряет, насколько хорошо модель предсказывает выходные значения, $\frac{\partial E_k(W)}{\partial w_{nm}^{(2)}}$ и $\frac{\partial E_k(W)}{\partial w_{nm}^{(1)}}$ — частные производные целевой функции по весам второго и первого слоёв соответственно. Эти производные показывают, как изменение каждого веса влияет на ошибку модели.

Такие сети могут применяться для обработки последовательных данных, прогнозирования временных рядов, распознавания образов, а также в робототехнике и системах управления.

Пример кластеризации ингредиентов в рецептурах хлеба

Метка	Класс	Class_names
0	мука цельнозерновая	whole grain flour
1	ржаная мука	rye flour
2	кипяченая вода	boiled water
3	солод	malt
4	соль	salt
5	дрожжи свежие	fresh yeast
6	сахар	sugar
7	кориандр молотый	ground coriander
8	тмин	cumin
9	патока	molasses

Приведенный ниже код создает список строк, каждая из которых представляет собой наименование класса или категории. В данном случае, классы представляют

ингредиенты, используемые в хлебопекарной промышленности. Переменная `class_names` содержит наименования этих ингредиентов:

```
class_names = ['Flour/top', 'Rye flour', 'Boiled water', 'Malt', 'Salt', 'Fresh yeast', 'Sugar', 'Cumin', 'Ground coriander']
```

На основе системы классов проходит рецептурная генерация ингредиентов, после предварительной обработки полученных данных.

Каждый рецепт должен включать: название (`title`), которое предоставляет информацию о том, как называется данный рецепт, ингредиенты (`ingredients`), которые описывают, какие компоненты и в каком количестве необходимы для приготовления блюда, инструкции (`instructions`), которые содержат пошаговое руководство по приготовлению блюда.

Если в рецепте отсутствует хотя бы одно из этих полей или оно пустое, то такой рецепт считается неполным и подлежит исключению из набора данных.

В предварительную обработку входит фильтрация полных и неполных рецептов. Исходный набор данных (`raw_dataset`) содержит все рецепты до фильтрации. Он может быть загружен из файла или создан вручную⁴. Функция валидации (`validate_recipe_fields()`) проверяет каждый рецепт на наличие всех необходимых полей (`title`, `ingredients`, `instructions`). Очистка набора данных от неполных рецептов осуществляется следующим образом:

```
def validate_recipe_fields(recipe):
    required_keys = ['title', 'ingredients', 'instructions']
    if not recipe:
        return False
    for key in required_keys:
        if key not in recipe or not recipe[key]:
            return False
    if isinstance(recipe[key], list) and len(recipe[key]) == 0:
        return False
    return True

# Фильтрация неполных рецептов
dataset_validated = [recipe for recipe in dataset_raw if
    validate_recipe_fields(recipe)]

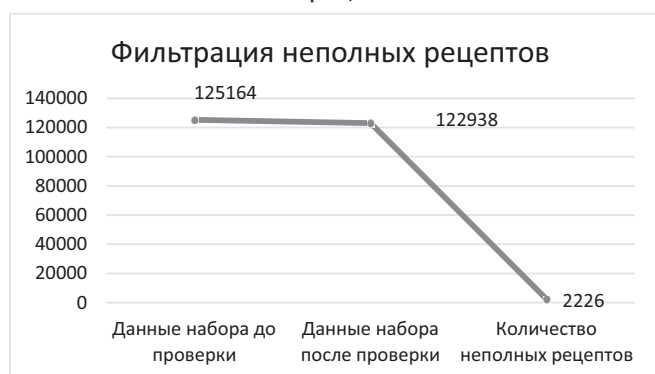
print('Размер набора данных ДО валидации:',
len(dataset_raw))
print('Размер набора данных ПОСЛЕ валидации:',
len(dataset_validated))
print('Количество неполных рецептов:', len(dataset_
raw) — len(dataset_validated))
```

⁴ Recipe Box — бесплатное хранилище рецептов, позволяющее хранить рецепты в одном месте. С возможностью сохранения рецептуры из любого блога и просмотр на любом устройстве под управлением операционной системы (Android, IOS, Windows)

Этот код проверяет, что каждый рецепт содержит все необходимые поля. Если хотя бы одно из обязательных полей отсутствует или пусто, рецепт считается неполным и исключается из набора данных.

Пример вывода результата при использовании в качестве исходного набора рецептов бесплатное хранилище Recipe Box:

Размер набора данных ДО валидации: 125164
Размер набора данных ПОСЛЕ валидации: 122938
Количество неполных рецептов: 2226



Заключение

Анализ результатов показывает, что из 125164 возможных рецептов 122938 прошли валидацию, в то время как 2226 рецептов оказались неполными. В процентном соотношении это составляет 1,81 % незавершенных рецептов. Этот показатель подтверждает высокую эффективность фильтрации.

Использование нейросетевых методов демонстрирует свою эффективность не только в очистке данных, но и в обеспечении актуальности и экономической значимости ингредиентов. Мониторинг данных на актуальность остается важной задачей, обеспечивая точность и полезность полученных рецептов. Искусственный интеллект играет ключевую роль в расширении возможностей базового продукта, улучшая качество и достоверность генерируемых рецептов.

ЛИТЕРАТУРА

- Атьенца Р. Продвинутое глубокое обучение с помощью TensorFlow 2 и Keras, второе издание., Издательство: Пакт Паблишинг 2020 г.
- Барский А.Б. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления: монография, Издательство: РУСАЙНС, Москва 2024 г.
- Бенджио И, Гудфеллоу Я, Курвилль А. Глубокое обучение. Издательство: ДМК-Пресс, 2018 г.
- Благовещенский И.Г., Балыхин М.Г., Благовещенская М.М., Назойкин Е.А., Логунова Н.Ю. Анализ применения экспертных систем для контроля и прогнозирования технологических процессов производства. Журнал Известия высших учебных заведений, технология текстильной промышленности., 2021 г.
- Елахов А.В., Логунова Н.Ю. Разработка информационной системы по реализации готовой продукции хлебопекарни, Издательство: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет пищевых производств» (Москва) Развитие пищевой индустрии и перерабатывающей промышленности России: Кадры и наука, электронный сборник 2017 г.
- Лекун Я. Как учится машина. Издательство: Интеллектуальная Литература 2021 г.
- Николенко С., Кадурин А., Архангельская Е., Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей, Издательство: Питер, 2020 г.
- Паттанаяк С. Глубокое обучение и TensorFlow для профессионалов, Издательство: Диалектика-Вильямс, 2020 г.
- Потапов А., Искусственный интеллект и универсальное мышление, Издательство: Политехника, 2012 г.
- Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход. Том 1. Решение проблем. Знания и рассуждения, Издательство: Вильямс 2021 г.
- Шакла Н. Машинное обучение и TensorFlow Издательство: «Питер» 2019 г.
- Основной инструмент реализации Национальной стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 года, утвержденный указом Президента Российской Федерации от 10.10.2019 № 490 [Электронный ресурс]. <https://base.garant.ru/72838946/>
- Федеральный проект «Искусственный интеллект» [Электронный ресурс]. <https://ai.gov.ru/strategy/federalnyy-proekt-ii/>

© Поляков Алексей Николаевич (cloudluck@yandex.ru); Обеленцева Алёна Юрьевна (obelentsevaayu@mgupr.ru);

Логунова Нина Юрьевна (logunova@mgupr.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ СЕТЕВЫХ АТАК

DEVELOPMENT OF A NETWORK ATTACK
DETECTION SYSTEM

A. Selin
V. Blinov
E. Amelyutin

Summary. The article is devoted to the development of a network attack detection system that uses a method combining a multilayer perceptron, gradient boosting and a KNN algorithm. The dataset used in the work includes various types of attacks, such as DoS (denial of service), R2L (unauthorized access to the local system), U2R (access enhancement) and Probe (system scan). The proposed solutions can be effectively used in financial institutions, government agencies, medical organizations and corporate networks, where it is critically important to maintain a high level of cybersecurity.

Keywords: intrusion detection system, information security, network attacks, traffic monitoring.

Селин Андрей Александрович

к. т. н., доцент,

МИРЭА — Российский технологический университет

chuknor@yandex.ru

Блинов Владимир Владимирович

МИРЭА — Российский технологический университет

vovah750@mail.ru

Амелютин Евгений Вячеславович

к. т. н., доцент,

МИРЭА — Российский технологический университет

amelyutin9@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена разработке системы обнаружения сетевых атак, которая использует метод, объединяющий многослойный перцептрон, градиентный бустинг и KNN алгоритм. Набор данных, используемый в работе, включает в себя различные типы атак, такие как DoS (отказ в обслуживании), R2L (несанкционированный доступ к локальной системе), U2R (повышение уровня доступа) и Probe (сканирование системы). Предложенные решения могут быть эффективно использованы в финансовых учреждениях, государственных структурах, медицинских организациях и корпоративных сетях, где критически важно поддерживать высокий уровень кибербезопасности.

Ключевые слова: система обнаружения вторжений, информационная безопасность, сетевые атаки, мониторинг трафика.

В современном мире информационные технологии проникают во все сферы человеческой жизни, поэтому вопросы информационной безопасности становятся всё более актуальными и значимыми. С каждым днём количество и сложность сетевых атак увеличивается, что требует постоянного развития и совершенствования средств их обнаружения и предотвращения.

Системы обнаружения сетевых атак являются неотъемлемой частью комплексной стратегии защиты информационных систем, обеспечивая дополнительный уровень безопасности путем анализа трафика и поведенческих паттернов в сети для выявления подозрительных действий, которые могут свидетельствовать о попытках несанкционированного доступа, распространения вредоносного программного обеспечения, атак на отказ системы и других форм агрессии.

Сетевая атака — это действия с применением программных и технических средств с использованием сетевого протокола, направленные на реализацию угроз несанкционированного доступа к информации, воздействия на нее или на ресурсы автоматизированной информационной системы [1].

Данная работа сосредоточена только на классах и видах, которые описаны в наборе данных соревнования

KDDCup'99 по Data Mining, проведенного в 1999 году. Качественная структурированность данных этого набора облегчает процесс их обработки. Также, преимуществом является отсутствие аномалий и коллизий, так как набор тщательно обновлялся в течение двадцати лет.

Каждое сетевое соединение помечается как нормальное или ненормальное (атака), при этом аномалии подразделяются на 4 категории, общее число видов атак составляет 39 [2]. Классификация наглядно представлена в таблице 1.

Методы обнаружения сетевых атак

Обнаружение сетевых атак — процесс распознавания и реагирования на вредоносную активность, направленную на сетевые инфраструктуры и информационные системы. Этот процесс включает мониторинг и анализ сетевого трафика, системных журналов и других источников данных для выявления признаков необычного или подозрительного поведения. Сегодня применяют три основных метода обнаружения сетевых атак: анализ по сигнатурам, выявление аномального поведения объекта и использование методов машинного обучения.

1. *Сигнатурный метод.* Данный метод использует функции в полезной нагрузке пакета, такие как ключевые слова, специфичные для приложения,

Таблица 1.

Классификация сетевых атак

Класс:	U2R	DoS	R2L	Probe
Под-классы:	— Buffer_ overflow — Loadmodule — Perl — Rootkit	— Back — Land — Neptune — Pod — Smurf — Teardrop	— Ftp_write — Guess_ passwd — lmap — Multihop — Phf — Spy — Warezclient — Warezmaster	— Ipsweep — Nmap — Portsweep — Satan

или шаблоны связи, которые повышают точность классификации пакетов.

Измерения в исследовании [3] показывают, что предлагаемый метод улучшает точность распознавания трафика, поскольку снижает количество неопределенного трафика на 11 % по сравнению с методом мониторинга портов. Данный метод также позволяет выявлять несколько типов трафика, которые были некорректно классифицированы или не были определены.

2. **Анализ аномалий.** Обнаружение аномалий направлено на выявление наличия аномальных паттернов в сетевом трафике. Однако, на сегодняшний день общепринятой процедуры для определения наличия паттернов в трафике не существует. Исследовательские предложения в области обнаружения аномалий обычно следуют четырехэтапному подходу, в котором первые три этапа определяют метод обнаружения, а последний посвящен проверке подхода. В начале процесса осуществляется сбор данных о трафике в сети. Далее, на следующем этапе, проводится анализ этих данных с целью извлечения наиболее важных характеристик. На третьей стадии трафик классифицируется как нормальный или аномальный. Затем, на заключительном этапе, эффективность метода проверяется путем тестирования на разнообразных аномалиях трафика [4].
3. **Машинное обучение** — класс методов искусственного интеллекта, характерной чертой которых является не прямое решение задачи, а обучение за счёт применения решений множества сходных задач [5]. Постоянно эволюционирующий характер сетевых атак требует создания адаптивной и гибкой системы безопасности, способной анализировать обширные потоки сетевого трафика и приспосабливаться к изменениям сетевой активности.

Поскольку результаты работы моделей в исследованиях различных авторов представлены с помощью

разнообразных показателей, то для проведения сравнительного анализа результатов работы различных моделей, необходимо разработать и обосновать единую методику оценивания.

В исследованиях *F1*-мера часто применяется как показатель качества классификации, в полной или частичной форме. Эта метрика особенно подходит для анализа эффективности классификатора на несбалансированном наборе данных, каким и является KDD '99, где преобладает число нормальных подключений по сравнению с соединениями, являющимися атаками. *F1*-мера вычисляется на основе двух параметров: Recall (полнота) и Precision (точность).

Параметр Recall, отражает долю векторов, корректно классифицированных в определенный класс, среди всех векторов, которые действительно относятся к этому классу. Параметр Precision отображает долю векторов, корректно классифицированных в определенный класс, среди всех векторов, которые были отнесены к этому классу, включая ошибочно классифицированные. Каждый из этих параметров представлен десятичным числом и зависит от статистических показателей классификатора на тестовом наборе данных, а именно:

- $TP(class = a)$, количество векторов тестовой выборки, верно определенных в *a*-й класс;
- $TN(class = a)$, количество векторов тестовой выборки, верно определенных в любой другой класс;
- $FP(class = a)$, количество векторов тестовой выборки, ошибочно определенных в *a*-й класс;
- $FN(class = a)$, количество векторов тестовой выборки, ошибочно определенных в любой другой класс.

Логичным подходом было бы применение показателя точности, основанного на упомянутых выше метках:

$$accuracy = \frac{TN + TP}{TN + TP + FP + FN}$$

F1-мера выражается следующим образом:

$$F1Score = \frac{2 * Precision * Recall}{Precision + Recall}$$

Точность (Precision) и полнота (Recall) для *a*-го класса определяются как:

$$Precision(class = a) = \frac{TP(class = a)}{TP(class = a) + FP(class = a)}$$

$$Recall(class = a) = \frac{TP(class = a)}{TP(class = a) + FN(class = a)}$$

Таким образом, в случае бинарной классификации *F1*-меру необходимо рассчитать один раз, а при наличии множества классов — отдельно для каждого класса.

Выбор модели для обнаружения сетевых атак

В контексте бинарной классификации оценить точность обнаружения отдельных классов атак невозможно. Учитывая, что сравнение возможно только по итоговым показателям эффективности распознавания каждой модели, а также из-за количества исследовательских данных по разным моделям, в этой работе целесообразно сосредоточиться на сравнении наилучших результатов моделей. Результаты сравнения точности моделей представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Сравнение результатов точности обнаружения сетевых атак при бинарной классификации

№	Модель	Точность распознавания, %
1	Совмещенная (MLP+SOM+SVM)	99,85
2	MLP	99,8
3	LGBM	99,74
4	CatBoost	99,71
5	ETC	99,7
6	RF	99,69
7	KNN	99,36
8	XGBoost	99,22
9	SOM	99
10	Auto-encoder	94,71
11	MLP, обученная с помощью алгоритма Левенберга-Марквардта	94
12	MLP, обученная с помощью квазиньютоновского метода	92
13	Рекуррентная	91,58

По результатам анализа методов распознавания сетевых вторжений при бинарной классификации можно сделать следующие заключения:

- многослойный перцептрон является наиболее эффективным при индивидуальном применении и способен обучаться исключительно на не вредоносном трафике;
- методы, использующие градиентный бустинг и случайный лес, демонстрируют результаты схожие с многослойным перцептроном;
- гибридные системы показывают более высокие результаты точности по сравнению с монолитными моделями.

Разработка системы обнаружения сетевых атак

Для первой экспериментальной модели был выбран многослойный перцептрон, включающий два скрытых слоя, первый содержит 50 нейронов, а второй — 10. На всех слоях, кроме выходного, применяется функция

активации ReLu [7]. На выходном слое нейронной сети используется функция Softmax, формирующая матрицу с размерами $n*m$, где n — количество векторов в выборке, а m — число классов. Для каждого вектора столбцы матрицы заполняются вероятностями принадлежности к каждому классу и выбирается наибольшая из них.

Поскольку при обучении модель стремится к минимизации функции, целесообразно использовать оптимизатор, который снижает потери, изменяя атрибуты нейронной сети, такие как вес и смещение [8]. В этой модели был применен стандартный оптимизатор «adam». Функционал библиотеки keras [9] позволяет в режиме реального времени отслеживать значения отдельных метрик после каждой эпохи обучения, что помогает анализировать процесс обучения и определить момент, после которого скорость обучения модели заметно снижается.

Вторая модель основана на алгоритме градиентного бустинга над решающими деревьями. LGBM-алгоритм эффективно справляется с поиском нелинейных зависимостей в неоднородных данных, что делает его подходящим для данной задачи. Принцип работы алгоритма заключается в последовательном создании решающих деревьев, при этом с каждым новым деревом значение функции потерь снижается. Когда улучшение функции потерь прекращается на протяжении заданного количества эпох, модель завершает обучение.

Третья модель основана на алгоритме K-ближайших соседей (KNN), принцип работы заключается в присвоении объекта к классу, метка которого является наиболее распространенной среди ближайших к данному объекту соседей.

После подготовки данных, были созданы функции для обучения и тестирования каждой модели. Для моделей KNN и LGBM были использованы встроенные библиотечные методы, а для многослойного перцептрона данные функции были реализованы вручную.

В ходе определения оптимального количества эпох обучения было выявлено, что после пятой эпохи значение функции потерь «loss» больше не снижалось. Из этого следует, что такого количества эпох достаточно для полного обучения модели.

Прогнозы, полученные от каждого из трех алгоритмов, используются в качестве входных данных для модели логистической регрессии. На последнем этапе результаты разделяются на две части: первая содержит индивидуальные результаты каждого алгоритма, а вторая включает в себя результаты, полученные с помощью логистической регрессии (рисунок 1).

На рисунке 2 представлена система обнаружения сетевых атак с центральным ядром, которое координирует

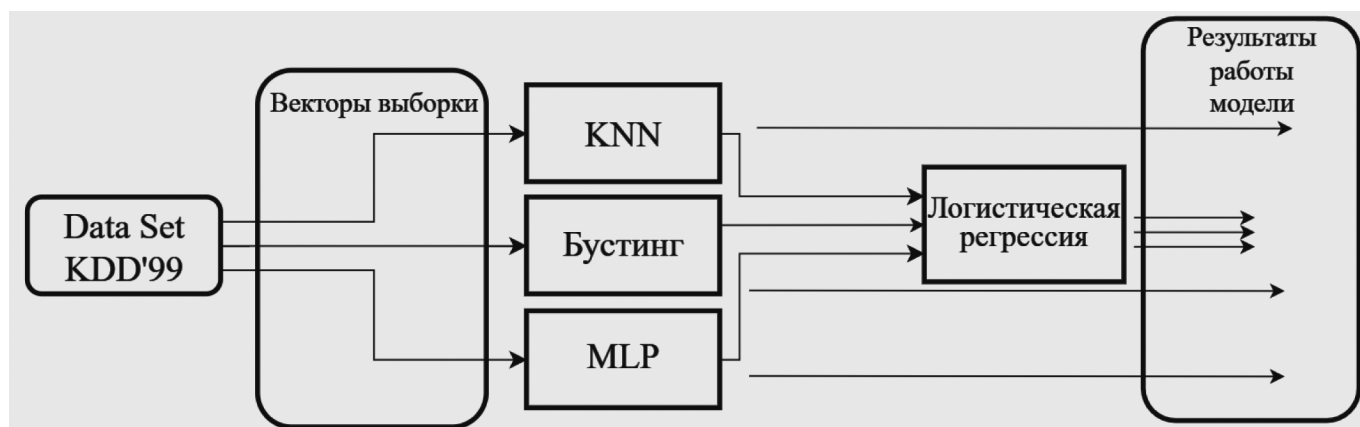


Рис. 1. Блок-схема описания метода работы системы

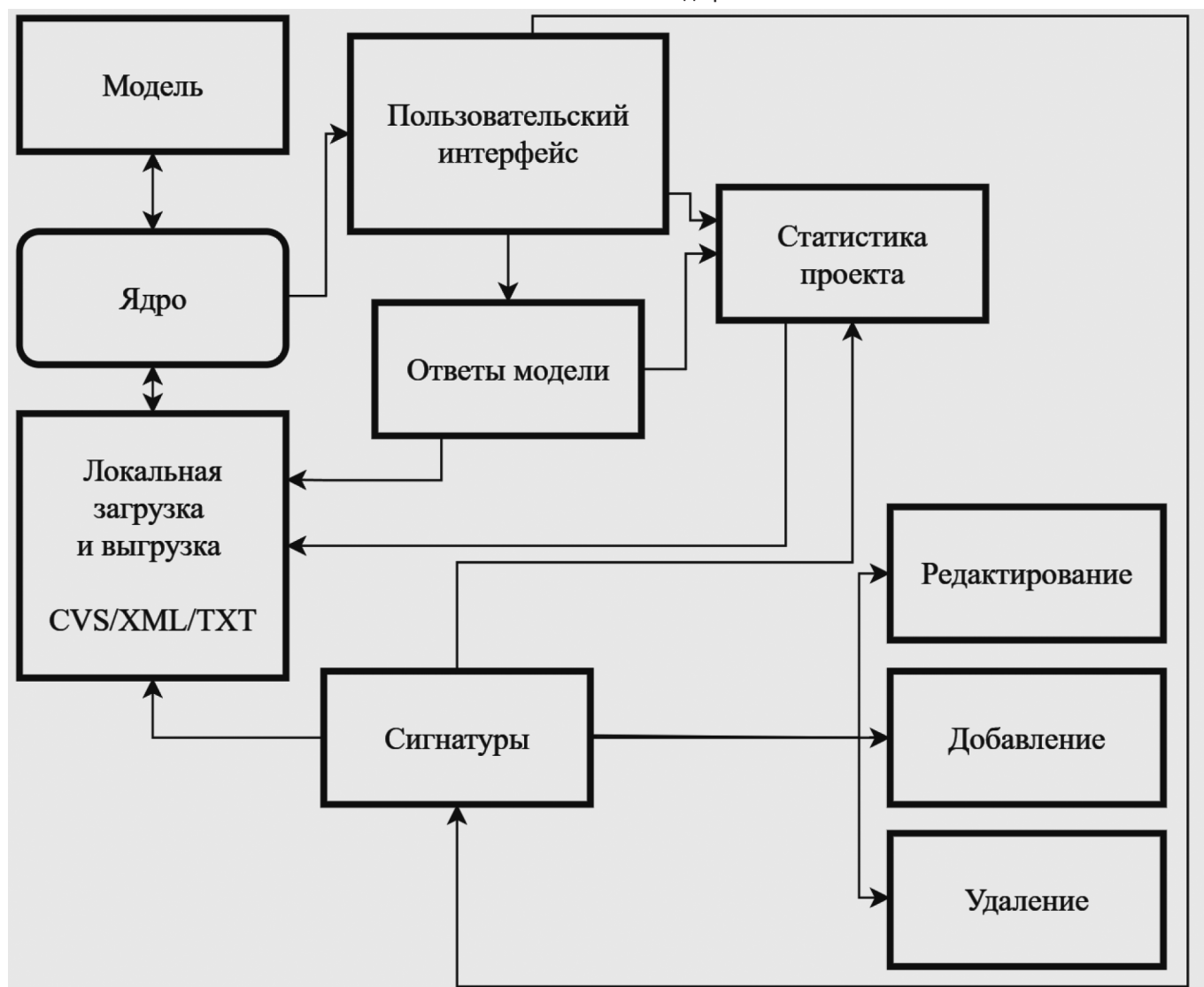


Рис. 2. Структурная схема разработанной системы

ет обработку и передачу данных между компонентами системы. Модель, в свою очередь, анализирует данные для выявления потенциальных атак. Для удобства работы с данными предусмотрена возможность локальной загрузки и выгрузки в форматах CVS, XML и TXT, что по-

зволяет вводить новую информацию в систему. Особое место в системе занимают сигнатуры — ключевые слова, соответствующие известным атакам. Посредством функций редактирования, добавления и удаления сигнатур, пользователем формируется список, который

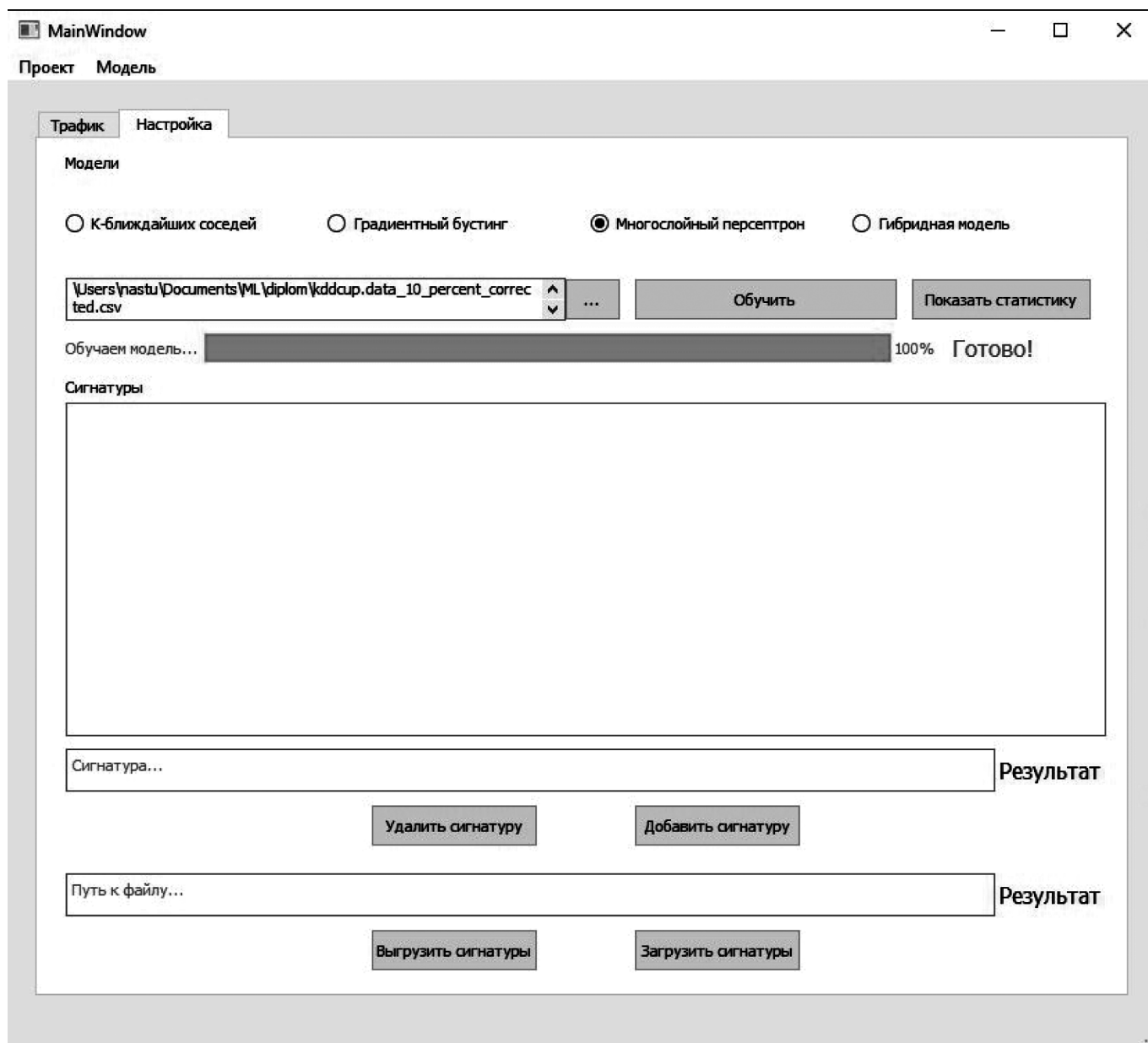


Рис. 3. Пользовательский интерфейс системы

используется системой для выявления атак, что делает систему адаптивной к меняющейся среде угроз. Взаимодействие пользователя с системой происходит через пользовательский интерфейс, который служит платформой для выбора модели и ее отображений. Также через интерфейс предоставляется доступ к статистике проекта с возможностью просмотра метрик, связанных с производительностью системы (рисунок 3).

Работа системы начинается с загрузки набора данных KDD Cup'99 в формате CVS или TXT. После загрузки выполняется проверка на корректность загруженных данных. В случае обнаружения ошибок в данных необходимо повторно вернуться к их загрузке. Затем следует этап добавления сигнатур в систему, который может осущест-

вляться как через командную строку, так и путем загрузки файлов в форматах CVS, XML и TXT. После добавления пользователь проверяет полноту внесенных сигнатур. Если добавлены не все сигнатуры, необходимо вернуться на предыдущий этап. Далее осуществляется проверка на необходимость удаления существующих сигнатур. В случае, если требуется удаление сигнатур, используется функция «удалить сигнатуру». После чего необходимо выбрать модель для обучения: К-ближайших соседей, градиентный бустинг и многослойный перцептрон, или гибридная модель, состоящая из двух или трех моделей. После выбора модели следует перейти к непосредственному обучению выбранной модели. По окончании обучения проводится анализ статистических данных. Если анализ данных выполнен некорректно, необходи-

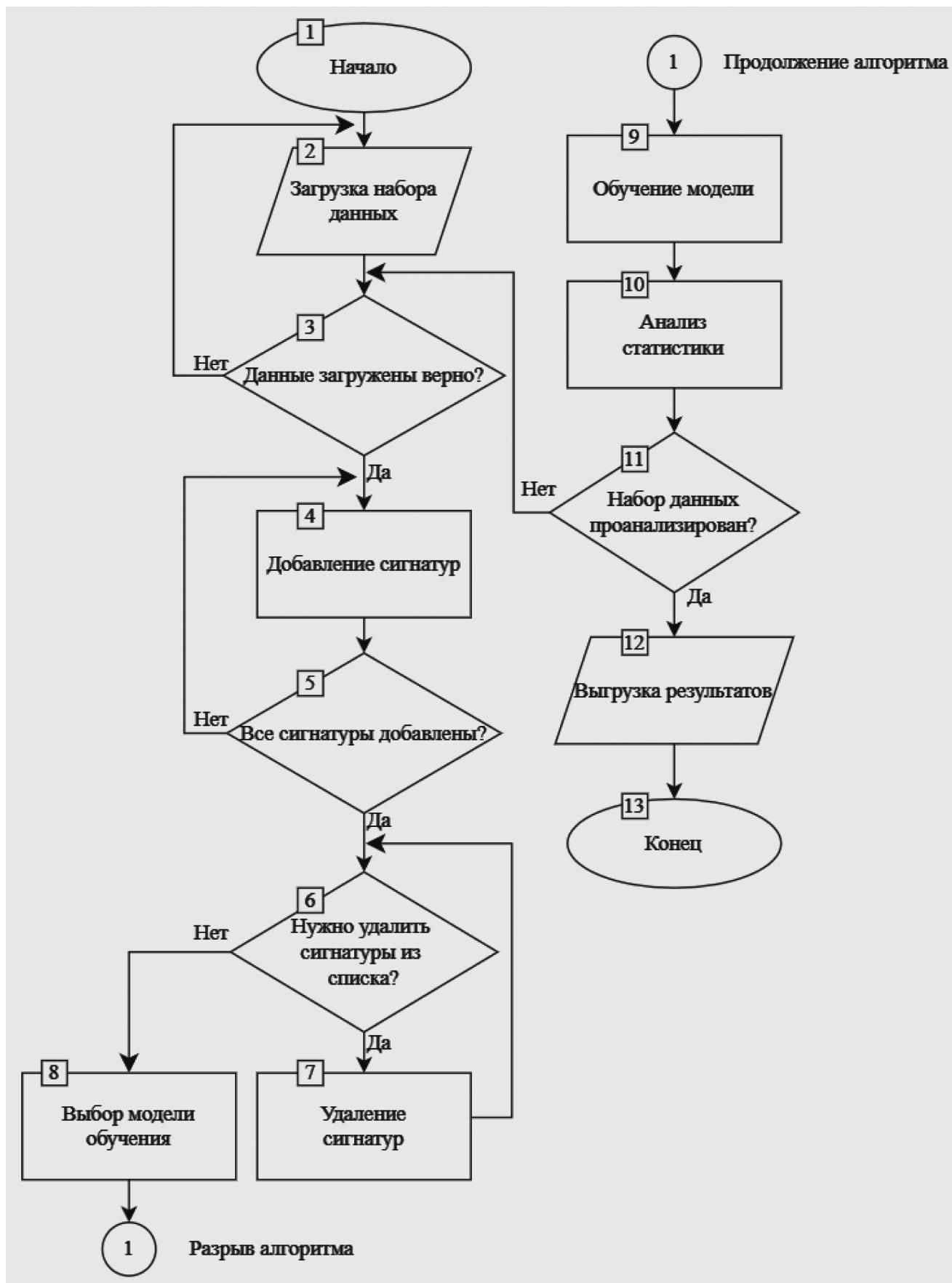


Рис. 4. Блок-схема разработанной системы

мо вернуться к этапу проверки загруженных данных. При завершении анализа данных результаты экспортируются в форматы CVS, XML или TXT, после чего алгоритм завершает свою работу. Общий процесс работы системы представлен на рисунке 4.

Демонстрация результатов работы системы

Исследования точности классификации и взвешенной F1-меры были проведены в семи случаях: для каждой модели по отдельности, для комбинации KNN+MLP+LGBM, а также для комбинаций KNN+MLP, KNN+LGBM и MLP+LGBM. Результаты более подробно отображены в таблице 3.

Таблица 3.

Результаты классификации моделей

	KNN	MLP	LGBM	KNN + MLP	KNN + LGBM	MLP + LGBM	KNN + MLP + LGBM
Точность, %	99,92	99,39	89,55	99,90	99,90	99,01	99,94
F1-мера, %	99,92	98,89	86,95	99,91	99,92	99,37	99,92

Заключение

Проведенный анализ научных работ предметной области позволил сделать выводы о том, какие методы обнаружения сетевых атак наиболее эффективны в различных условиях. Особенно высокую эффективность продемонстрировали классические методы, такие как многослойный перцептрон и градиентный бустинг, а также гибридные модели, основанные на этих подходах. Основной трудностью в таком анализе является отсутствие единой системы оценивания эффективности таких систем и стандартов представления результатов, а также ограниченная база исследований из-за относительной новизны данной области.

На основе этих выводов была создана гибридная модель обнаружения сетевых атак, включающая модели MLP, LGBM и алгоритм KNN. Конечный результат формируется путем усреднения выходных данных из каждой модели. Однако, успешность модели в одних условиях не гарантирует аналогичных результатов при изменении условий или тестовых данных. Тем не менее, реализация такой модели подтверждает преимущества гибридных моделей перед монолитными, что помогает в практическом выборе оптимальной модели для конкретных задач.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ Р 53114-2008 Защита информации. Обеспечение информационной безопасности в организации. Основные термины и определения: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2009-10-01/ — Изд. официальное. —11 с.
- Russianblogs. Обнаружение вторжений и распознавание на основе машинного обучения. [Электронный ресурс] — URL: https://russianblogs.com/article/7850855685/#KDD_CUP_67 (дата обращения 23.12.2023)
- Y. Choi «On the Accuracy of Signature-based Traffic Identification Technique in IP Networks» Conf. Broad. Converg. Networks, June 2007.
- F. Simmross-Wattenberg, J. Asensio-Perez, P. Casaseca-Higuera and M. Martin-Fernandez, «Anomaly Detection in Network Traffic Based on Statistical Inference and alpha-Stable Modeling» IEEE Trans. Dependable and Secure Computing, vol. 8, no. 4, pp. 494–509, July 2011.
- Википедия. Машинное обучение. [Электронный ресурс] — URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Машинное_обучение (дата обращения 25.02.2024)
- Corpsoft24. IDS и ее особенности применения. [Электронный ресурс] — URL: <https://www.corpssoft24.ru/about/blog/chto-takoe-ids-i-osobennosti-eye-primeneniya/> (дата обращения 22.04.2024)
- Habr. Функция активации ReLu. [Электронный ресурс] — URL: <https://habr.com/en/articles/348000/> (дата обращения 28.04.2024)
- Оптимизация в ML. [Электронный ресурс] — URL: <https://academy.yandex.ru/handbook/ml/article/optimizaciya-v-ml> (дата обращения 30.04.2024)
- Keras: Deep Learning for humans. [Электронный ресурс] — URL: <https://keras.io/> (дата обращения 30.04.2024)

© Селин Андрей Александрович (chuknor@yandex.ru); Блинов Владимир Владимирович (vovah750@mail.ru);

Амелютин Евгений Вячеславович (amelyutin9@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DICER-1 КАК ПРЕДВЕСТНИК ЗЛОКАЧЕСТВЕННОСТИ

DICER-1 AS A HARBINGER
OF MALIGNANCY

**N. Abdulvaarova
S. Dzhapparova
A. Balakina**

Summary. DICER1 syndrome is a syndrome of high pleiotropic predisposition to tumors, which has been gaining increasing recognition in the last 10 years. Diseases with this syndrome arise as a result of mutations in both copies of DICER1, a highly conserved gene that is critically involved in the biogenesis of microribonucleic acid (microRNA) and, consequently, in the modulation of messenger RNAs. Some individuals carry an inherited germ line mutation that disables one copy of DICER1. In turn, these tumors associated with DICER1 are very characterized by a second mutation or «second push», which, in turn, changes the function of another copy of the gene. About 20 hamartomatous, hyperplastic or neoplastic conditions include DICER1 syndrome. Most of them do not pose a threat to life, but some are aggressive malignant neoplasms. The hallmarks of DICER1 syndrome are some rare tumors, including pleuropulmonary blastoma, cystic nephroma, Sertoli-Leydig cell tumor of the ovaries, sarcomas of the cervix, kidneys and brain, pituitary blastoma, medulloepithelioma of the ciliary body and chondromesenchymal hamartoma of the nose. Currently, diagnosis of DICER1 syndrome is still performed late, usually after surgery, which affects patient outcomes.

Materials and methods: materials from PubMed and PubMed Central resources of the National Medical Academy were used to analyze the literatureUS Libraries, Google Scholar, Elsevier Clinical Key and Elsevier Science Direct. The sample consisted of scientific papers on DICER1 syndrome. Only articles in English that contained original research results or reviews on the topic were included. Articles that were unrelated to the research topic, were duplicates, or were not available in full text were excluded from the sample. As a result, 25 articles were selected. To analyze the scientific literature, a qualitative method based on content analysis, namely the definition of analysis units — headings, annotations and keywords of articles; calculation of the frequency and percentage distribution of analysis units by analysis categories using Excel; interpretation and generalization of the analysis results.

Keywords: DICER1 syndrome, micro-RNA, gene, pleuropulmonary blastoma, embryonic rhabdomyosarcoma.

Абдульваарова Нурие-Шерфе Лятиф къызы
Ордена Красного Трудового Знамени Медицинский
институт им. С.И. Георгиевского,
ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»
xmay2014@gmail.com

Джеппарова Севиле Рустемовна
Ордена Красного Трудового Знамени Медицинский
институт им. С.И. Георгиевского,
ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»
dseville@mail.ru

Балакчина Анна Игоревна
Ассистент, Ордена Красного Трудового Знамени
Медицинский институт им. С.И. Георгиевского,
ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»
anna.balakchina@mail.ru

Аннотация. Синдром DICER1 — это синдром высокой плеiotропной предрасположенности к опухолям, который получает все большее признание в последние 10 лет. Заболевания при данном синдроме возникают в результате мутаций в обеих копиях DICER1, высококонсервативного гена, который критически вовлечен в биогенез микроРНК и, следовательно, в модуляцию мессенджерных РНК. Некоторые индивидуумы несут унаследованную мутацию зародышевой линии, которая отключает одну копию DICER1. В свою очередь, для этих опухолей, ассоциированных с DICER1, очень характерна вторая мутация или «второй толчок», который, в свою очередь, изменяет функцию другой копии гена. Около 20 гамартоматозных, гиперпластических или неопластических состояний включают синдром DICER1. Большинство из них не представляют угрозы для жизни, но некоторые являются агрессивными злокачественными новообразованиями. Отличительными признаками синдрома DICER1 являются некоторые редкие опухоли, включая плевропульмональную бластому, кистозную нефрому, клеточную опухоль Сертоли-Лейдига яичников, саркомы шейки матки, почек и головного мозга, бластома гипофиза, медуллоэпителиома цилиарного тела и хондромезенхимальная гамартома носа. В настоящее время диагностика синдрома DICER1 по-прежнему проводится поздно, обычно после хирургических операций, что влияет на исходы пациентов.

Материалы и методы: для анализа литературы использовались материалы ресурсов PubMed и PubMed Central национальной медицинской библиотеки США, Google Scholar, Elsevier Clinical Key и Elsevier Science Direct. Выборка состояла из научных работ, посвященных синдрому DICER1. Были включены только статьи на английском языке, которые содержали оригинальные результаты исследований или обзоры по данной теме. Исключению из выборки подлежали статьи, которые не имели отношения к теме исследования, были дубликатами или недоступны полным текстом. В итоге было отобрано 25 статей. Для анализа научной литературы был использован качественный метод, основанный на контент-анализе, а именно определение единиц анализа — заголовки, аннотации и ключевые слова статей; подсчет частоты и процентного распределения единиц анализа по категориям анализа, используя программу Excel; интерпретация и обобщение результатов анализа.

Ключевые слова: DICER1 синдром, микро-РНК, ген, плевропульмональная бластома, эмбриональная рабдомиосаркома.

Введение

Синдром DICER1 или «синдром семейной предрасположенности к опухолям плевропульмональной бластомы» является редким генетическим заболеванием, которое предрасполагает пациентов к развитию злокачественных и незлокачественных заболеваний [1]. Лица с синдромом DICER1 подвергаются повышенному риску развития: плевропульмональной бластомы (ППБ), которая является наиболее распространенным новообразованием, ассоциированным с DICER1; среди заболеваний щитовидной железы — многоузловой зоб (МУЗ) и дифференцированный рак щитовидной железы (РЩЖ); кистозной нефромы и, реже, опухоли Вильмса или анапластической саркомы почки; яичников опухоли, такие как клетки типа Сертоли–Лейдига и эмбриональная рабдомиосаркома (ЭРМ) [2-4]. У детей с синдромом DICER1 редко могут развиваться опухоли головного мозга, такие как пинеобластома, назальная хондромезенхимальная гамартома и медуллоэпителиома цилиарного тела [5]. Предполагаемая распространенность патогенных вариантов DICER1 в общей популяции составляет 1:10600 и из-за гетерогенных клинических особенностей и редкости этого синдрома его диагностика остается сложной задачей для клиницистов. В онкологической популяции распространенность этого заболевания оценивается в 1:4600. Первые симптомы появляются в первые два десятилетия жизни, существенных различий по полу или этническим группам нет.

Плевропульмональная бластома встречается преимущественно у очень маленьких детей. Клинически значимый ППБ обычно наблюдается у младенцев и у детей младше семи лет; однако сообщалось о редких случаях у детей старшего возраста и у одного взрослого [6].

Ген DICER1 расположен на хромосоме 14q32 и кодирует белок массой приблизительно 200 кДа. Это эндорибонуклеаза семейства RNКаз III, участвующая в процессе продуцирования и созревания большинства микроРНК, которые представляют собой небольшие некодирующие РНК длиной ~22 нуклеотида, которые, как известно, играют ключевую роль в посттранскрипционной регуляции микроРНК [7]. Дерегуляция микроРНК оказывает проонкогенный эффект: сверхэкспрессия одной микроРНК может ингибировать трансляцию белка гена-супрессора опухоли, в то время как подавление регуляции другой микроРНК может повышать уровень белка онкогена. МикроРНК генерируются из зарождающейся первичной микроРНК (пре-микроРНК). Пре-микроРНК обрабатывается DROSHA в ядре, которое высвобождает предшественник в форме шпильки. пре-микроРНК перемещаются из ядра в цитоплазму с помощью экспортина 5 (XPO5) и расщепляются DICER. Полученный небольшой РНК-дуплекс загружается в белок Argonaute (AGO), который сохраняет только одну нить зрелой микроРНК

и удаляет другую. AGO, нагруженный микроРНК, ассоциируется с другими кофакторами и образует эффекторный комплекс, называемый РНК-индуцированным сайленсинговым комплексом (RISC). RISC индуцирует распад микроРНК и подавление трансляции путем взаимодействия с комплементарными последовательностями в 3'-нетранслируемой области (3'-UTR) микроРНК гена-мишени. В целом, опосредованный микроРНК контроль экспрессии генов имеет решающее значение для реакции клеток на окислительный стресс, гипоксию и повреждение ДНК, и по этой причине он участвует в таких заболеваниях человека, как рак [8]. В настоящее время диагностика синдрома DICER1 по-прежнему проводится поздно, обычно после хирургических операций, что влияет на исходы пациентов, особенно при определении дальнейшей тактики лечения.

Гипотеза о двух попаданиях, также известная как гипотеза Кнудсона, была первоначально предложена в 1953 году и официально постулирована Кнудсоном в 1971 году. Гипотеза предполагает, что для возникновения аномалий индивидууму требуются две отдельные мутации в каждом аллеле, и что только одной мутации в одном аллеле недостаточно, чтобы вызвать образование опухолей. Как правило, наследуется одна мутация, которая сама по себе относительно безвредна. Однако вторая мутация может действовать в тандеме с первой и привести к возникновению рака. В ряде случаев гипотеза о двух поражениях описывает механизм, с помощью которого происходит дезактивация гена-супрессора опухоли [9].

Описанный выше механизм был подтвержден рядом случаев людей с синдромом DICER1. В частности, в этих случаях участвовали люди только с одной очевидной мутацией зародышевой линии и симптомами, характерными для синдрома DICER1. Но недавние исследования показали, что пациенты с синдромом DICER1 не только унаследовали мутации в одном аллеле гена DICER1, но и приобрели соматическую мутацию во втором аллеле гена DICER1. Гипотеза о двух поражениях применима к мутациям DICER1 и роли как гена-супрессора опухоли. Во втором случае были обнаружены соматические мутации в домене RNКазы IIIb гена DICER1. Исследование с участием трех детей с опухолью Вильмса показало, что гипотеза о двух поражениях применима к синдрому DICER1 при формировании опухоли Вильмса [10]. У пациентов были обнаружены мутации зародышевой линии DICER1, и при скрининге на соматические мутации DICER1 были обнаружены соматические мутации в домене RNКазы IIIb на втором аллеле. Области гена, кодирующие домены RNКазы III, являются генетическими горячими точками для соматических мутаций в гене DICER1. Биаллельные мутации DICER1 распространены при плевропульмональных бластомах, причем вторая мутация происходит в домене RNКазы IIIb [11]. Исследование

11 пациентов с плевропульмональной бластомой показало, что из 11 пациентов с мутациями гена DICER1 со спорадическими плевропульмональными бластомами восемь имели биаллельные мутации гена DICER1, в которых одна из мутаций находилась в домене РНКазы IIIб. Недавнее сообщение о биаллельных мутациях DICER1 при фибросаркоме яичника у 9-летней пациентки продемонстрировало вставку единственного основания зародышевой линии в гене DICER1, вызывающую сдвиг рамки и преждевременный стоп-кодон, а также вторую точечную мутацию внутри опухоли, которая привела к замене в аминокислотном положении 1813 в РНКазе IIIб. В другом клиническом исследовании участвовала 14-месячная пациентка с диагнозом плевропульмональная бластома и ранее удаленной кистозной нефромой в возрасте 11 месяцев [12]. Был проведен анализ мутаций в доступных тканях и периферической крови, который выявил, что оба аллеля гена DICER1 были скомпрометированы. Миссенс-гетерозиготная соматическая мутация была обнаружена в ДНК, полученной из кистозной нефромы, в дополнение к усекающей мутации зародышевой линии, обнаруженной из периферической крови в экзоне 24, который кодирует домен РНКазы IIIб. Эта мутация зародышевой линии была подтверждена у матери и бабушки пациента. Кроме того, было обнаружено, что у 21-летней двоюродной сестры пациента также имеется мутация зародышевой линии, и ранее она лечилась от эмбриональной рабдомиосаркомы в возрасте 14 лет и мультиморального зоба в возрасте 20 лет. Уникальная миссенс-гетерозиготная соматическая мутация была обнаружена в эмбриональной рабдомиосаркоме двоюродного брата пациентки. Этот случай демонстрирует, что биаллельные мутации в аллелях DICER1, а не гаплонедостаточность, способствуют механизму синдрома DICER1. В другом исследовании было обнаружено, что мутации зародышевой линии с потерей функции в одном аллеле DICER1 распространены среди пациентов, а мутации в горячих точках РНКазы IIIб были менее распространены, но чаще обнаруживались внутри опухоли. Мутации РНКазы IIIб также могут предрасполагать пациентов к дополнительным мутациям из-за роли DICER1 в репликации и репарации ДНК [13].

На данный момент существует два основных метода диагностики синдрома DICER1. Диагноз DICER1 устанавливается у пробанда путем идентификации гетерозиготного по зародышевой линии патогенного варианта у DICER1. Подходы к молекулярно-генетическому тестированию могут включать комбинацию генного тестирования (тестирование с одним геном и мультигенная панель) и комплексного геномного тестирования (секвенирование экзона, массив экзом, секвенирование генома) в зависимости от фенотипа.

Тестирование, нацеленное на ген, требует, чтобы врач определил, какие гены, вероятно, задействованы,

в то время как геномное тестирование этого не делает. Поскольку фенотип DICER1 широк, у лиц с отличительными признаками, диагноз, скорее всего, будет поставлен с помощью генно-целевого тестирования, тогда как у лиц с фенотипом, неотличимым от многих других наследственных заболеваний с повышенной восприимчивостью к опухоли, с большей вероятностью диагноз будет поставлен с помощью геномного тестирования [14].

Варианты лечения отличаются в зависимости от проявлений синдром DICER 1:

- ППБ типа I лечится полным хирургическим удалением с адъювантной химиотерапией или без нее. Пятилетняя общая выживаемость лиц с ППБ I типа составляет 89 %; единственные смерти, связанные с ППБ I типа, произошли после прогрессирования до ППБ II или III типа. Пациентам с Ir ППБ типа назначается только резекция (или наблюдение при определенных клинических обстоятельствах, включая взрослую жизнь). Выживаемость, связанная с РРВ, составляет 100 %. ППБ II и III типов лечат агрессивной хирургической резекцией и интенсивной химиотерапией; пятилетняя общая выживаемость составляет 71 % и 53 % для ППБ II и III типов соответственно [15].
- Подход при МУЗ отличается методикой наблюдения с помощью УЗИ с биопсией и без нее. Ультразвуковое исследование используется для подтверждения наличия и характеристик узла (узлов) и определения необходимости проведения тонкоигольной аспирационной биопсии. Хирургическое вмешательство подходит для узелков с симптомами, узлов со значительным ростом при серийном УЗИ или узлов с аномальной цитологией на основе системы Bethesda для отчетности о цитологии щитовидной железы [16].
- При обнаружении стромальных опухолей яичников и полового канатика, в том числе опухолей Сертоли-Лейдига используются стандартные схемы лечения для опухолей зародышевых клеток яичников [17].
- Локальная резекция с последующей химиотерапией, подходящей для ЭРМ, является одним из подходов к лечению. Решение о дополнительном лечении принимается на основе результатов биопсии после химиотерапии и последующих исследований визуализации.
- Бластома гипофиза. Хирургическая резекция является основой лечения. Среди случаев, описанных в литературе, также была описана адъювантная, обычно многоагентная химиотерапия с лучевой терапией или без нее. Нормализация лабораторных показателей эндокринной системы, особенно АКТГ, ожидается после операции и является полезным маркером активности заболевания [18].

В некоторых исследованиях изучалось использование метформина для усиления регуляции DICER1 и связанных с ним белков у мышей, чтобы противостоять эффектам синдрома DICER1. Несмотря на то, что пациентам с биаллельными мутациями DICER1 это лечение может не принести пользы, пациентам с изменением одного аллеля может быть предложен метформин, чтобы попытаться увеличить выработку белка DICER1 и компенсировать дефицит, предотвращая онкогенетический каскад [19].

Выводы

Синдром DICER1 — редкое заболевание, вызываемое вариантами зародышевой линии DICER1; возникновение

второй соматической тканеспецифичной мутации приводит к различным фенотипам, начиная от доброкачественных поражений и заканчивая злокачественными опухолями. Скрининг на варианты DICER1 следует проводить у всех пациентов с PPV и рассматривать его при небольшом количестве доброкачественных поражений и злокачественных опухолей. Быстрое выявление этого синдрома необходимо для планирования правильного наблюдения и скрининга на наличие опухоли в течение жизни пациента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Stewart DR, Best AF, Williams GM, Harney LA, Carr AG, Harris AK, et al. Neoplasm Risk Among Individuals With a Pathogenic Germline Variant in DICER1. *J Clin Oncol*. 2019; 37(8):668–76. 10.1200/JCO.2018.78.4678
2. Stewart DR, Best AF, Williams GM, Harney LA, Carr AG, Harris AK, et al. Neoplasm Risk Among Individuals With a Pathogenic Germline Variant in DICER1. *J Clin Oncol*. 2019; 37(8):668–76. 10.1200/JCO.2018.78.4678
3. Kock L, MK W, Foulkes WD. Ten years of DICER1 mutations: Provenance, distribution, and associated phenotypes. *Hum Mutation*. 2019; 40(11):1939–53. 10.1002/humu.23877
4. Chernock RD, Rivera B, Borrelli N, Hill DA, Fahiminiya S, Shah T, Chong AS, Aqil B, Mehrad M, Giordano TJ, Sheridan R, Rutter MM, Dehner LP, Foulkes WD, Nikiforov YE. Poorly differentiated thyroid carcinoma of childhood and adolescence: a distinct entity characterized by DICER1 mutations. *Mod Pathol*. 2020;33:1264–74
5. de Kock L, Priest JR, Foulkes WD, Alexandrescu S. An update on the central nervous system manifestations of DICER1 syndrome. *Acta Neuropathol*. 2020;139:689–701
6. Messinger YH, Stewart DR, Priest JR, Williams GM, Harris AK, Schultz KA, Yang J, Doros L, Rosenberg PS, Hill DA, Dehner LP. Pleuropulmonary blastoma: a report on 350 central pathology-confirmed pleuropulmonary blastoma cases by the International Pleuropulmonary Blastoma Registry. *Cancer*. 2015;121:276–85
7. Klein SD, Martinez-Agosto JA. Hotspot Mutations in DICER1 Causing GLOW Syndrome-Associated Macrocephaly via Modulation of Specific microRNA Populations Result in the Activation of PI3K/ATK/mTOR Signaling. *Microna*. 2020; 9(1):70–80. 10.2174/2211536608666190624114424
8. Khan NE, Bauer AJ, Schultz KAP, Doros L, Decastro RM, Ling A, et al. Quantification of Thyroid Cancer and Multinodular Goiter Risk in the DICER1 Syndrome: A Family-Based Cohort Study. *J Clin Endocrinol Metab*. 2017; 102(5):1614–22. 10.1210/jc.2016-2954
9. Rutkowski S, von Hoff K. Evaluation of age-dependent treatment strategies for children and young adults with pineoblastoma: analysis of pooled European Society for Paediatric Oncology (SIOP-E) and US Head Start data. *Neuro Oncol*. 2017;19:576–85. Robertson JC, Jorcyk CL, Oxford JT. DICER1 Syndrome: DICER1 Mutations in Rare Cancers. *Cancers (Basel)* (2018) 10(5). 10.3390/cancers10050143
10. de Kock L, Wang YC, Revil T, Badescu D, Rivera B, Sabbaghian N, et al. High-sensitivity sequencing reveals multi-organ somatic mosaicism causing DICER1 syndrome. *J Med Genet*. 2016; 53(1):43–52. 10.1136/jmedgenet-2015-103428
11. Brennehan M, Field A, Yang J, Williams G, Doros L, Rossi C, et al. Temporal order of RNase IIIb and loss-of-function mutations during development determines phenotype in pleuropulmonary blastoma / DICER1 syndrome: a unique variant of the two-hit tumor suppression model. *F1000Res*. 2015; 4:214. 10.12688/f1000research.6746.2
12. Klein S, Lee H, Ghahremani S, Kempert P, Ischander M, Teitell MA, et al. Expanding the phenotype of mutations in DICER1: mosaic missense mutations in the RNase IIIb domain of DICER1 cause GLOW syndrome. *J Med Genet*. 2020; 51(5):294–302. 10.1136/jmedgenet-2013-10194
13. Klein S, Lee H, Ghahremani S, Kempert P, Ischander M, Teitell MA, et al. Expanding the phenotype of mutations in DICER1: mosaic missense mutations in the RNase IIIb domain of DICER1 cause GLOW syndrome. *J Med Genet*. 2018; 51(5):294–302. 10.1136/jmedgenet-2013-10194
14. Wu X, Yang Y, Huang Y, Chen Y, Wang T, Wu S, et al. RNA-binding protein AUF1 suppresses miR-122 biogenesis by down-regulating Dicer1 in hepatocellular carcinoma. *Oncotarget*. 2018; 9(19):14815–27. 10.18632/oncotarget.24079
15. Anglesio MS, Wang Y, Yang W, Senz J, Wan A, Heravi-Moussavi A, Salamanca C, Maines-Bandiera S, Huntsman DG, Morin GB. Cancer-associated somatic DICER1 hot spot mutations cause defective miRNA processing and reverse-strand expression bias to predominantly mature 3p strands through loss of 5p strand cleavage. *J Pathol*. 2020 ;229:400–9
16. de Kock L, Geoffrion D, Rivera B, Wagener R, Sabbaghian N, Bens S, et al. Multiple DICER1-related tumors in a child with a large interstitial 14q32 deletion. *Genes Chromosomes Cancer*. 2018; 57(5):223–30. 10.1002/gcc.22523
17. Schultz KAP, Harris AK, Finch M, Dehner LP, Brown JB, Gershenson DM, Young RH, Field A, Yu W, Turner J, Cost NG, Schneider DT, Stewart DR, Frazier AL, Messinger Y, Hill DA. DICER1-related Sertoli-Leydig cell tumor and gynandroblastoma: clinical and genetic findings from the International Ovarian and Testicular Stromal Tumor Registry. *Gynecol Oncol*. 2017;147:521–7.
18. Messinger YH, Stewart DR, Priest JR, Williams GM, Harris AK, Schultz KA, Yang J, Doros L, Rosenberg PS, Hill DA, Dehner LP. Pleuropulmonary blastoma: a report on 350 central pathology-confirmed pleuropulmonary blastoma cases by the International Pleuropulmonary Blastoma Registry. *Cancer*. 2019;121:276–85
19. Gharib H, Papini E, Garber JR, Duick DS, Harrell RM, Hegedüs L, Paschke R, Valcavi R, Vitti P. American Association of Clinical Endocrinologists, American College of Endocrinology, and Associazione Medici Endocrinologi Medical Guidelines for Clinical Practice for the Diagnosis and Management of Thyroid Nodules — 2016 Update. *Endocr Pract*. 2016;22:622–39. online Available. Accessed 1-13-22.

© Абдульваапова Нурие-Шерфе Ляйф кызы (xmay2014@gmail.com); Джемпарова Севиле Рустемовна (dseville@mail.ru);

Балакчина Анна Игоревна (anna.balakchina@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РЕКОНСТРУКТИВНЫЕ ОПЕРАЦИИ В БАРИАТРИИ

RECONSTRUCTIVE OPERATIONS
IN BARIATRICS

V. Anishchenko
R. Normatov
D. Kim
P. Patrushev

Summary. The article describes the reasons, indications, methods and principles of repeated intervention in bariatric surgery. Options for revision procedures are considered, general principles of repeated operations are outlined, which allows achieving effective correction of excess body weight in case of relapses.

Keywords: repeated interventions, bariatric surgery, operations, obesity.

Анищенко Владимир Владимирович

д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Новосибирский
государственный медицинский университет»

Минздрава России

avv1110@yandex.ru

Норматов Рустам Мухудинович

Аспирант, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный
медицинский университет» Минздрава России

rus6525535@gmail.com

Ким Денис Александрович

к.м.н. ассистент, ФГБОУ ВО «Новосибирский
государственный медицинский университет»

Минздрава России

dk_im@mail.ru

Патрушев Петр Андреевич

Аспирант, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный
медицинский университет» Минздрава России

patrushev_1@mail.ru

Аннотация. В статье описываются причины, показания, методы и принципы повторного вмешательства в бариатрической хирургии. Рассматриваются варианты ревизионных процедур, обозначены общие принципы повторных операции, позволяющие добиться эффективной коррекции избыточной массы тела в случае рецидивов.

Ключевые слова: повторные вмешательства, бариатрическая хирургия, операции, ожирение.

В 2016 году, согласно статистике Всемирной организации здравоохранения, более 1,9 миллиарда человек старше 18 лет имело проблему с избыточной массой тела. Из этого числа свыше 650 миллионов страдали ожирением. Данные показывают, что 39 % населения старше 18 лет — то есть 39 % мужчин и 40 % женщин — имели проблемы с лишним весом в 2016 году [3, 4]. Исследование, проведенное M.T. Ning et al. [3], показало, что в период с 1980 по 2013 год количество людей с индексом массы тела равным или превышающим 25 кг/м² в мире выросло с 28,8 % до 36,9 % среди мужчин и с 29,8 % до 38,0 % среди женщин. Согласно отчету L. Keaver et al. [5], к 2030 году распространенность ожирения среди мужчин достигнет 89 %, а среди женщин — 85 %.

В течение последнего десятилетия в мировом масштабе отмечается тревожный рост показателей ожирения. Уровень активности населения снижается, а доступность высококалорийных продуктов с высоким содержанием жиров увеличивается. Согласно оценкам Всемирной организации здравоохранения, более 650 миллионов взрослых и 379 миллионов детей и подростков в мире страдают от ожирения.

Хирургические методы лечения ожирения признаны наиболее эффективными, а согласно утверждению Национального Института здоровья США, бариатрическая хирургия — это единственный действенный метод лечения патологического ожирения и самый эффективный метод лечения основных составляющих метаболического синдрома [6]. К сожалению, не все проведенные операции способствуют достижению ожидаемых результатов. Возврат лишнего веса во многом зависит от недостатков существующих хирургических процедур по коррекции избыточной массы тела, неправильного выбора оперативных вмешательств и технических ошибок при их выполнении, так же не выполнение рекомендаций пациентами послеоперационный период и модификации образа жизни.

Выполнение повторных бариатрических операций является сложным процессом, который связан с множеством факторов, оказывающих влияние на конечный результат, делая эту процедуру рискованной и непредсказуемой. В первую очередь, следует отметить, что такие операции проводятся на уже измененном анатомическом уровне, что вносит определенные сложности в доступ и операционную технику. Кроме того, имеющиеся

рубцы, спаечные процессы или деформации желудка и кишечника после предыдущей операции требуют тщательного анализа и планирования хирургического вмешательства. Все эти факторы делают повторные бариатрические операции индивидуальными и требующими особого подхода со стороны хирурга.

Количество людей с ожирением в России к концу 2016 года составляло 23,5 миллиона человек [1]. Согласно данным Международной федерации хирургии ожирения и метаболических нарушений (IFSO), в 2023 году по всему миру было проведено ближе к полумиллиону операций данного характера — 480970 [7]. Наиболее высокий показатель принадлежит США с 209527 операциями, за ними следует Бразилия с 70490 операциями, а третье место занимает Франция с 38890 операциями [7]. Что касается России, согласно регистру IFSO, в 2023 году было совершено всего лишь 7760 хирургических вмешательств по поводу ожирения [7]. При этом самой частой выполняемой бариатрической операцией в 2023 г. является рукавная гастрэктомия (SG), на втором месте желудочное шунтирование в варианте Roux-en-Y. Процедуры, обозначенные как «другие», продолжают расти, к ним относятся одноанастомозное дуоденоилеальное шунтирование с рукавной гастрэктомией (SADI-DS), билиопанкреатический шунт (BPD), регулируемый желудочный бандаж (AGB) и эндоскопические процедуры. Табл. 1.

В России самой частой используемой хирургической техникой является рукавная гастрэктомия (SG), на втором месте желудочное шунтирование с одним анастомозом.

По данным регистра IFSO в 2023 г. в мире выполнено 25592 повторных бариатрических операций. Лидеры по этому показателю Бразилия (7048 тыс.), США (5435 тыс.), Франция (6400 тыс.). В России, по данным регистра IFSO, выполнено 415 повторных хирургических вмешательств [7].

По данным регистра IFSO в 2023г, самой частой используемой техникой при повторных бариатрических манипуляциях является желудочное шунтирование в варианте Roux-en-Y. Табл.3.

В России часто использовалась желудочное шунтирование с одним анастомозом.

Продольная резекция желудка (SG) наиболее часто выполняемых бариатрических операций в настоящее время. SG не изменяет непрерывность желудочно-кишечного тракта. Процедура не включает никакого анастомоза, что исключает возможность осложнений, связанных с анастомозом. Основные отдаленные осложнения, при которых выполняется ревизионные

вмешательство связано с рецидивным набором массы тела, грыжа пищеводного отверстия диафрагмы и стриктуры.

Самой частой используемой реконструктивной операцией является желудочное шунтирование в варианте Roux-en-Y. Важным техническим моментом, который следует помнить при переходе от осложнений SG к Roux-en-Y, является то, что пациент, ранее перенесший SG, уже потерял желудочное кровоснабжение, идущие к большой кривизне (желудочно-сальниковые и короткие желудочные сосуды). Таким образом, сконструированный рукав опирается в основном на правый и левый желудочные сосуды. Следовательно, при разделении на проксимальную и дистальную части построения Roux-en-Y кровоснабжение будущего проксимального желудочного мешка будет осуществляться из левых желудочных сосудов. Поэтому требуется крайняя осторожность при изготовлении мешков для защиты этих сосудов, особенно при выраженном спаечном процессе. Альтернативным вариантом является размещение анастомоза проксимальнее места стеноза без разделения желудка. Это приведет к разрешению симптомов, а также снижению веса. Данный метод практически всегда позволяет добиться хороших результатов. Средние показатели потери массы тела после операции составляет $68,3 \pm 28,6$ %.

Одной из операций для снижения избыточного веса является операция SADI. Она имеет ярко выраженный мальабсорбтивный эффект, который достигается отключением тонкого кишечника от системы ЖКТ. Благодаря этому, удалось добиться значительного снижения избыточного веса в среднем на $76,4 \pm 15,6$ %. Тем не менее, следует отметить, что этому методу присущи выраженные метаболические нарушения.

В отличие от SADI, операция SASI проходит по другому сценарию. Здесь формируется только один анастомоз, и весь тонкий кишечник не выключается из системы ЖКТ. Транспорт пищи, в данном случае, осуществляется преимущественно в подвздошную кишку, что позволяет достичь более щадящего мальабсорбтивного эффекта.

В последние годы стали увеличиваться тенденции к технике минигастрошунтирования (MGB). Это простая операция с низким риском. Который состоит из узкого мешка малой кривизны желудка, начинающегося ниже «гусиной лапки», идущего латеральнее пищеводно-желудочного перехода, с широким анастомозом передне-ободочной петлей тощей кишки в точке примерно 150–200 см дистальнее к связке Трейца, что приводит к отличной потере веса, хорошему разрешению сопутствующих заболеваний и высокому уровню удовлетворенности пациентов. К сожалению, встречаются отдаленные осложнения, на первом месте рецидивный

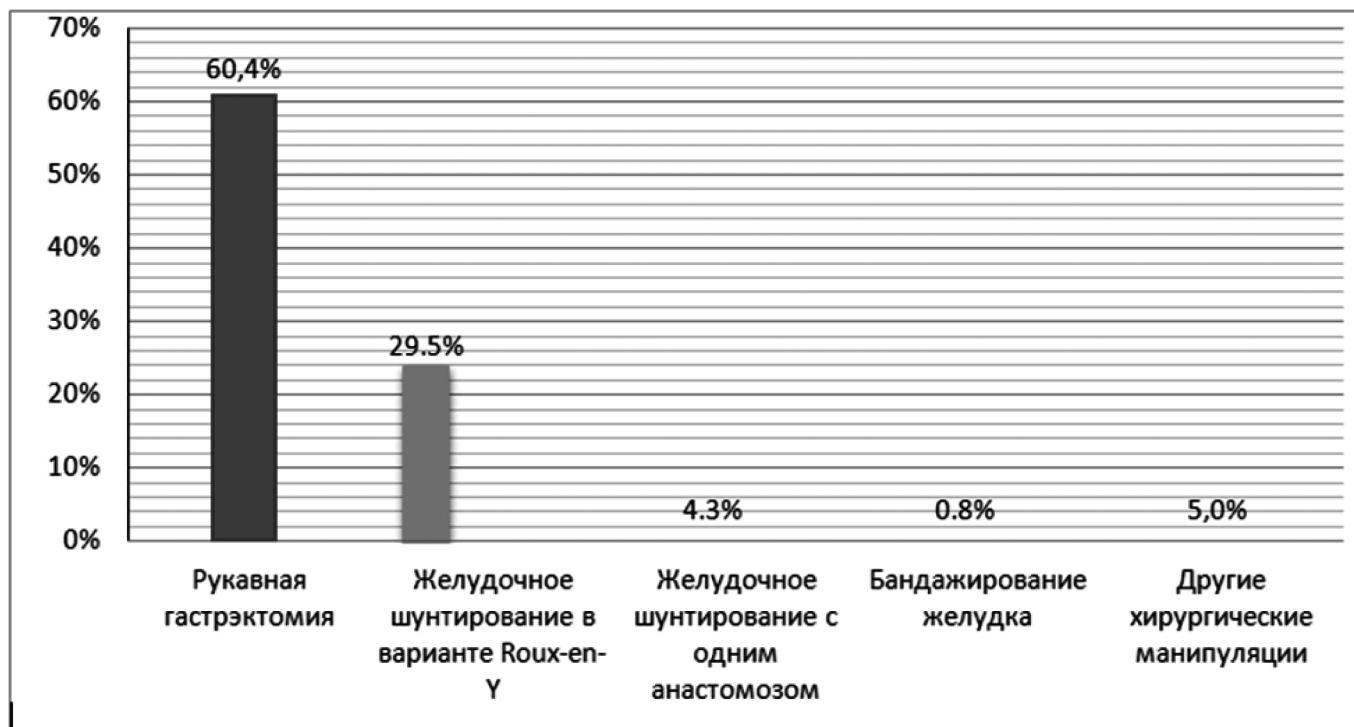


Рис. 1. Общее количество первичных процедур в мире в 2023 году

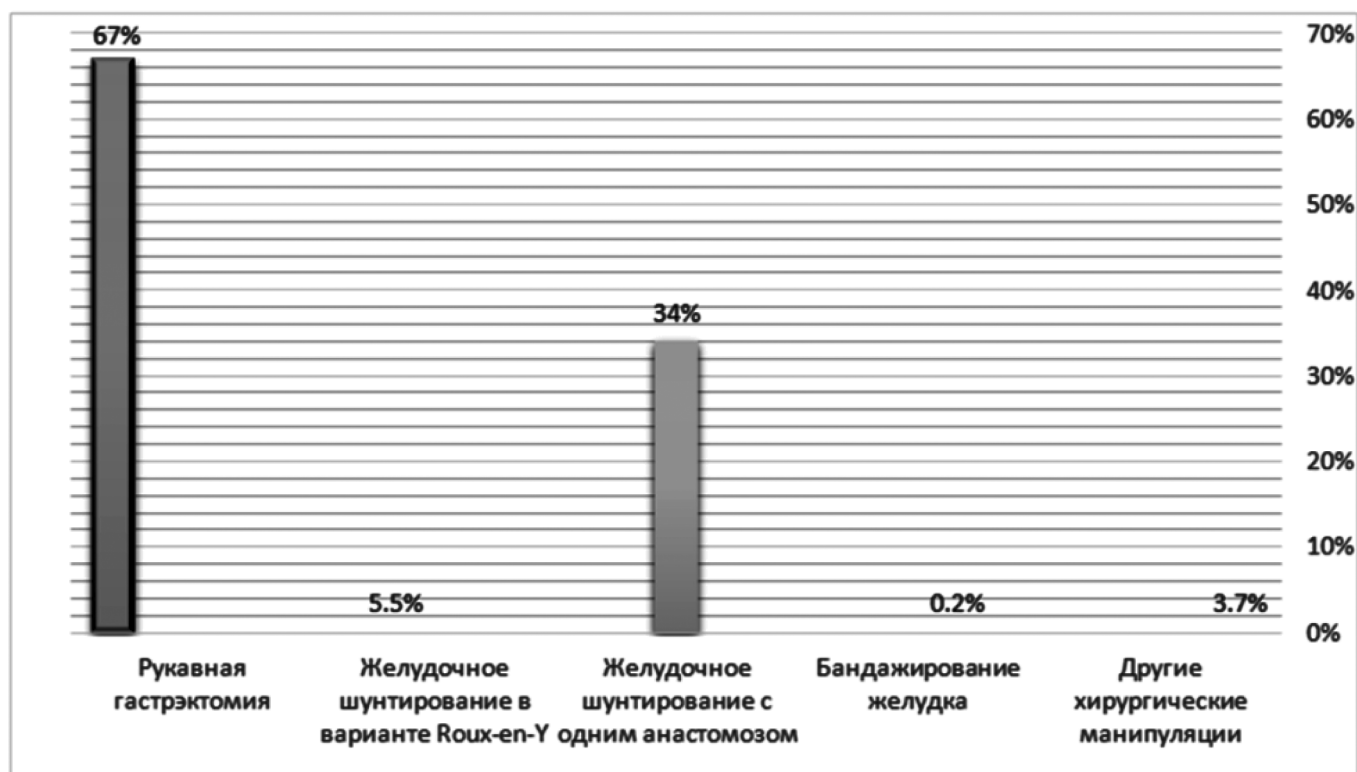


Рис. 2. Общее количество первичных процедур в России в 2023 году

набор веса на сегодняшний день около 50 % случаев нуждаются в последующей реконструктивной операции. Существует 3 варианта: 1 — Рестрикция (резекция расширенной части мешка малой кривизны желудка); 2 — Удлинение алиментарной петли (перенос анастомо-

за на 1–1,5 метра); 3 — Комбинированное (рестрикция+удлинение алиментарной петли). На втором месте грыжа пищеводного отверстия диафрагмы, при этом выполняется крурография.

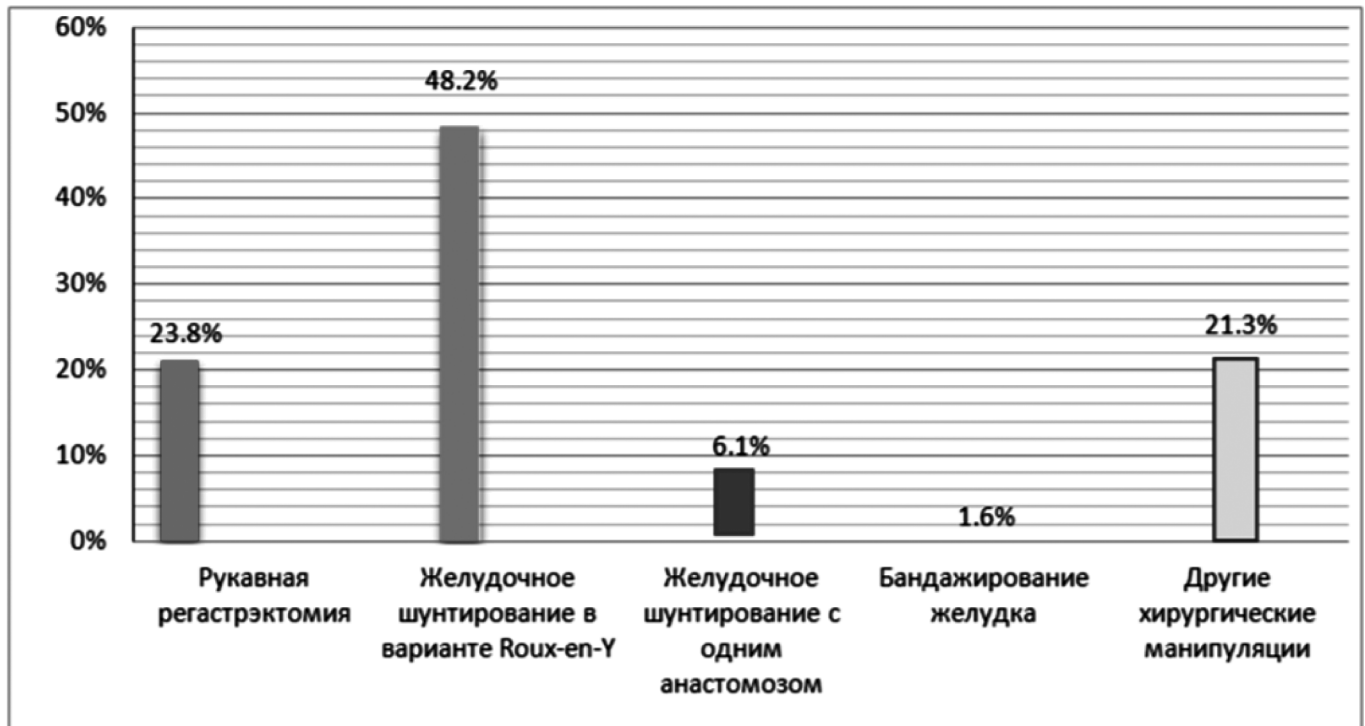


Рис. 3. Общее количество повторных процедур в мире в 2023 году

Заключение

Таким образом, в настоящее время выбор реконструктивных операций очень разнообразен, каждая процедура выполняется по опыту оперирующего хи-

рурга. Отсутствуют стандартизация и общепринятые алгоритмы выбора повторных ревизионных операций. Данная тема является актуальной и требует дальнейшего исследования.

ЛИТЕРАТУРА

- Дедов И.И. и др. Национальные клинические рекомендации по лечению морбидного ожирения у взрослых. 3-ий пересмотр (лечение морбидного ожирения у взрослых). // Ожирение и метаболизм. — 2018. — № 15 (1). — P.53–70.
- Ожирение и избыточный вес / ВОЗ. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (дата обращения: 15.04.2020).
- Ning M. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013 // Lancet. — 2014. — № 384. — P. 766–781.
- Hayes A. et al. Early childhood obesity: Association with healthcare expenditure in Australia // Obesity (Silver Spring, Md.). — 2016. — № 24. — P. 1752–1758.
- Keaver L. et al. Application of the UK foresight obesity model in Ireland: The health and economic consequences of projected obesity trends in Ireland // PLoS One. — 2013. — № 5. — P. 7–26.
- Седов В.М., Фишман М.Б. Лапароскопическая хирургия ожирения: практ. рук.: атлас. — СПб., 2009. — 192 с.
- ИФСО URL: <https://bariatricf.ru/ifso-global-report-2022>
- Шульц, А.В. Осложнения эндоскопической имплантации внутрижелудочных баллонов, их разрешение и профилактика / А.В. Шульц, Л.А. Манакина // Ожирение и метаболизм. — 2017. — Т. 14, № 1. — С. 51–56.
- Российский Национальный Бариатрический Реестр URL: <https://bareog.ru>
- Бузуева И.А. «Применение внутрижелудочных баллонов для лечения ожирения». Российский эндоскопический журнал, 2018, том 28, № 1, с. 41–44.
- Барановский А.Ю. Особенности повторных операций при бандажировании желудка // Практическая медицина. — 2018. — Т. 16. — № 5. — С. 60–64.
- Бирюков В.Н. Магнитное резонансное исследование в оценке результатов хирургического лечения ожирения // Радиология-практик. — 2019. — № 1. — С. 50–55.
- Галынин О.Ю., Белоновская Е.А., Шунтов В.П. Сравнение эффективности различных методов бариатрической хирургии // Общая реаниматология. — 2017. — Т. 13. — Вып. 5. — С. 10–16.
- Денисенко И.П., Тополянский Р.Л. Бариатрические операции: показания и выбор метода // Хирургия. — 2016. — Т. 7. — № 2. — С. 12–16.
- Мазыкин Д.А., Краснополянский В.И., Бролин К.Н. Сравнительный анализ эффективности гастропластики и продольной резекции желудка при ожирении // Медицинский журнал. — 2017. — Т.98. — №6. — С.34–37.
- Макаров И.В., Слободянюк К.М., Чудин А.Н. Хирургическое лечение ожирения: перспективы // Здоровье нации. — 2018. — №2. — С.60–63.
- Джулиус К. Метаболическая хирургия при сахарном диабете 2 типа: от эволюционных предпосылок к клиническим рекомендациям. // Профилактическая и клиническая медицина. — 2018. — Т. 21. — №2. — С. 31–39.
- Ивашкин В.Т., Гаджиев Н.А., Шерехов Ю.А. и др. Клинико-экономический анализ метода SADI-S в лечении ожирения 3 и 4 степени. // Профилактическая и клиническая медицина. — 2016. — Т. 19. — №5. — С. 20–24.

© Анищенко Владимир Владимирович (avv1110@yandex.ru); Норматов Рустам Мухудинович (rus6525535@gmail.com);
 Ким Денис Александрович (dk_im@mail.ru); Патрушев Петр Андреевич (patrushev_1@mail.ru)
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСОБЕННОСТИ ПАТОЛОГИИ ЗУБОЧЕЛЮСТНОЙ СИСТЕМЫ У БОЛЬНЫХ СИСТЕМНОЙ КРАСНОЙ ВОЛЧАНКОЙ

DENTOALVEOLAR SYSTEM PATHOLOGY FEATURES IN PATIENTS WITH SYSTEMIC LUPUS ERYTHEMATOSUS

O. Bogonina
E. Kostrogina
O. Smolyaninova
M. Kurbatova
A. Ereemeeva
Yu. Zamyatin

Summary. Systemic lupus erythematosus, in addition to the classic rash on the face in the form of a «butterfly», is manifested in the dentoalveolar region by erythematous and ulcerative elements. The data provided in the article indicate the characteristics of SLE in the oral cavity, mainly in the periodontal tissues, on the mucous membrane of the lips, cheeks, hard and soft palate, and also demonstrate data on the relationship of SLE with the prevalence of the carious process.

Keywords: systemic lupus erythematosus, dentoalveolar system, oral erythema.

Стоматологические заболевания зубочелюстной системы являются довольно актуальной проблемой современного мира. К самым распространённым из них относят кариес: по данным Всемирной Организации Здравоохранения это заболевание является самым массовым патологическим процессом, которым в некоторых странах болеет до 98 % контингента. При этом, согласно исследованию ВОЗ 1993 года, высокий уровень заболеваемости пародонта наблюдается у лиц 35–44 года (до 98 %) и 15–19 лет (до 89 %). Заболевания слизистой оболочки полости рта (СОПР) также занимают ведущее место в патологии зубочелюстной системы, так как их распространённость год от года увеличивается, диагностика составляет значительные трудности, а лечение не всегда заканчивается полным избавлением от патологии, которая могла уйти в ремиссию. Однако заболевания СОПР возникают не спонтанно: тому причина сбой иммунной системы, вызванный микроорганизмами или внутренними нарушениями. К последним относят про-

Богонина Ольга Владимировна
К.м.н., доцент,
Пензенский Государственный Университет
olga.bogonina@mail.ru
Костригина Екатерина Дмитриевна
Старший преподаватель,
Пензенский Государственный Университет
kostroginaED1897@yandex.ru
Смолянинова Ольга Сергеевна
Ассистент, Пензенский Государственный Университет
prigozhinao@bk.ru
Курбатова Мария Михайловна
Пензенский Государственный Университет
mashakurbatova2346@gmail.com
Еремеева Анастасия Дмитриевна
Пензенский Государственный Университет
anasteysa.ereemeeva@bk.ru
Замятин Юрий Михайлович
Пензенский Государственный Университет
yuran-best@yandex.ru

Аннотация. Системная красная волчанка, кроме классической сыпи на лице в форме «бабочки», проявляется в зубочелюстной области эритематозными и язвенными элементами. Представленные в статье данные указывают на особенности протекания СКВ в полости рта, преимущественно, в тканях пародонта, на слизистой оболочке губ, щёк, твёрдого и мягкого нёба, а также демонстрируют данные о взаимосвязи СКВ с распространённостью кариозного процесса.

Ключевые слова: системная красная волчанка, зубочелюстная система, эритемы полости рта.

явления системной красной волчанки (СКВ), возникающей вследствие появления ошибок в иммунном ответе человека и приводящей к формированию иммунных комплексов и их осаждению в мягких тканях, что проявляется отёчностью, язвами, эритемами и другими формами проявления воспалительного процесса.

Цель исследования: изучить данные научной литературы о влиянии системной красной волчанки на зубочелюстную систему человека и сравнить их с показателями у пациентов без данной патологии.

Сущность и механизм развития СКВ

Системная красная волчанка — это системное аутоиммунное заболевание неустановленной этиологии, основанное на генетически обусловленном нарушении иммунорегуляторных механизмов. Это приводит к излишнему образованию органонеспецифических ауто-

антител к ДНК клетки и формированию иммунных комплексов, циркулирование в крови которых вызывает развитие иммунного воспаления в различных тканях человека. В основном, СКВ сопровождается дезорганизацией соединительной ткани, проявляющейся на коже и слизистой оболочке человека [1].

В механизме развития системной красной волчанки выделяют несколько компонентов, связанных с резкой клеточной активностью:

- повышение активности Т-хелперов на фоне дефицита Т-супрессоров, *следствие*: гиперпродукция Th-2 (некоторых интерлейкинов);
- нарушения в антиидиоипической системе, выполняющей в норме роль супрессора антителообразования, *следствие*: избыточная выработка антител;
- образование иммунных комплексов из ядерного содержимого клетки и циркулирующих в кровотоке антител на фоне потерянного контроля над апоптозом, нетозом и аутофагией, направленной на ликвидацию «мусорного материала».

Вышеперечисленное приводит к формированию иммунных комплексов с ДНК клетки, циркулированию по сосудам человека, осаждению в разных органах и провоцированию тем самым сильных системных и местных воспалительных реакций, в том числе в полости рта [2].

«Мишени» СКВ в ротовой полости

Системная красная волчанка затрагивает следующие функциональные компоненты полости рта:

1. пародонт в целом;
2. слизистую оболочку красной каймы губ и щёк;
3. твёрдое и мягкое нёбо;
4. зубы.

Пародонт — это окружающий зуб комплекс соединительных тканей, выполняющий каркасную функцию и включающий в себя десну, связочные волокна периодонтальной щели, цемент корня, надкостницу, костную ткань альвеолярного отростка и лунки зуба. Пародонтит — это инфекционно-воспалительное заболевание полости рта, характеризующееся микробным дисбиозом и разрушением коллагеновых волокон периодонтального связочного аппарата, связанное с иммунокомплексной реактивностью и отложением ИК в данных тканях, *следствие*: потеря прикрепления и появление патологической подвижности зуба, формирование пародонтального кармана. В одном из лабораторных исследований пациентов с пародонтитом была отмечена взаимосвязь данного заболевания с СКВ, где в качестве главных дисбиотических компонентов выделили *T. denticola* и *T. Forsythia* [3]. В другом исследовании при постановке пробы Кулаженко, характеризующей стойкость капил-

ляров пародонта, была выявлена повышенная ломкость капилляров с одновременным растворением местами кортикальной пластинки у пациентов с клиническим течением СКВ. Был сделан вывод, что клинически пародонтальный синдром при СКВ представлен катаральным гингивитом, очагами васкулита, петехиями и эрозивно-язвенными проявлениями [4].

Губа представлена кожно-мышечной подвижной складкой, состоящей из кожной, переходной (красной каймы) и слизистой части. При СКВ в зависимости от формы течения выделяют следующие проявления glandулярного хейлита: *типичная* — овальные участки багрово-красного цвета с беловато-серыми чешуйками, *без клинически выраженной атрофии* — диффузная гиперемия с гиперкератотическими чешуйками, *эрозивно-язвенная* — отёчные эрозивные очаги ярко-красного цвета с кровянисто-гнойными корочками, *глубокая* — подвижные узловатые образования Капоши-Ирганга [8]. По результатам дистантного анкетирования больных с СКВ, была выявлена у 64 % опрашиваемых типичная форма, у 29 % — эрозивно-язвенная форма хейлита, у 19 % — ксеростомия, у 36 % — галитоз [7].

Щека представлена двумя частями — наружной, покрытой кожей, и внутренней, выстланной слизистой оболочкой; твёрдое и мягкое нёбо состоят из слизистой оболочки и мышечных тяжей. Проявления системной красной волчанки наблюдается по линии смыкания зубов и в разных местах на нёбе в виде изолированных красно-белых бляшек с атрофическим красным центром и центростремительными белыми полосками и телеангиэктазиями по краям [8].

Зуб состоит из пелликулы, эмалевых призм, дентинных трубочек, содержимого пульпы и цемента корня, которые часто поражаются кариозным процессом. По результатам одного исследования, индекс КПУ зубов у больных СКВ в 1,3 раза больше, чем в контрольной группе без СКВ, причём на первый план выходили соматические и мягкотканые поражения [5]. В другом исследовании был выявлен значительный риск развития СКВ у людей с повышенным кариозным процессом вне зависимости от используемого при лечении реставрационного материала [6]. По результатам третьего дистантного анкетирования у опрашиваемых с СКВ индекс КПУ колебался в значениях $16,9 \pm 3,4$, тогда как низкий КПУ находится в границах от 1,6 до 6,2 [7].

Заключение

Таким образом, системная и дискоидная красная волчанка оказывает прямое воздействие на зубочелюстную область, вызывая такие состояния, как пародонтит, хейлит, эрозивно-язвенные поражения, а также способствует развитию масштабного кариозного процесса в ротовой полости пациента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подчерняева Н.С., Солнцева О.А., Соболева М.К., Щербаков М.Ю. Системная красная волчанка. Клинические рекомендации МКБ 10: М 32.1 Н.С.
2. Хакбердиева М.С. Современные взгляды на классификацию, патогенез и лечение системной красной волчанки. Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. 2УДК 616.5-002.525.2-08.
3. Пирес младший, Ногейра Миссис, Нуньес АЙФ, Деганд DRF, Пессоа LC, Даманте СА, Занграндо MSR, Греги SLA, де Резенде MLR и Сант'Ана ACP (2021) Отложение иммунных комплексов в тканях десен при наличии периодонтита и системной Красной волчанки.
4. Гринин В.М., Сундуков В.Ю. ОСОБЕННОСТИ ПАТОЛОГИИ пародонта у больных системной красной волчанкой.
5. Теляева Н.Н., Рузуддинов С.Р. Особенности зубочелюстной системы при системной красной волчанке. Южно-Казахстанская государственная академия.
6. Wu-Tsun Perng, Kevin Sheng-Kai Ma, Hsin-Yu Hung, Yi-Chieh Tsai, Jing-Yang Huang, Pei-Lun Liao, Yao-Min Hung, James Cheng-Chung Wei. Dental caries and risk of newly-onset systemic lupus erythematosus: a nationwide population-based cohort study.
7. Каминская Л.А., Трубочанинова А.С., Самсонычева А.В., Калмурзаева А.Т. Анализ стоматологического здоровья больных системной красной волчанкой на основании анкетного опроса УДК 616.5-002.525.2:616.31 Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация.
8. Боровский Е.В. Терапевтическая стоматология. Учебник. 11.8.4. Красная волчанка.

© Богонина Ольга Владимировна (olga.bogonina@mail.ru); Костригина Екатерина Дмитриевна (kostriginaED1897@yandex.ru);
Смолянинова Ольга Сергеевна (prigozhinao@bk.ru); Курбатова Мария Михайловна (mashakurbatova2346@gmail.com);
Еремеева Анастасия Дмитриевна (anasteysha.eremeeva@bk.ru); Замятин Юрий Михайлович (yuran-best@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ. БЕРЕМЕННОСТЬ У ПАЦИЕНТКИ С ПАРОКСИЗМАЛЬНОЙ НОЧНОЙ ГЕМОГЛОБИНУРИЕЙ: ДИАГНОСТИКА И ТАКТИКА ВЕДЕНИЯ

CLINICAL CASE. PREGNANCY IN A PATIENT WITH PAROXYSMAL NOCTURNAL HEMOGLOBINURIA: DIAGNOSIS AND MANAGEMENT TACTICS

*N. Grigoryan
J. Sargsyan
A. Smolyanitskaya*

Summary. Paroxysmal nocturnal hemoglobinuria is included in the list of orphan blood diseases. It is a rare acquired clonal disease of the blood system characterized by intravascular hemolysis, bone marrow dysfunction and an increased risk of thrombotic and organ complications. Pregnancy with paroxysmal nocturnal hemoglobinuria is undesirable due to the increased threat of miscarriage, premature birth, life and health of a woman. Using the case history of a patient with paroxysmal nocturnal hemoglobinuria (APG) as an example, we decided to show the features of the clinical picture of this disease and demonstrate the effectiveness of long-term pathogenetic treatment in pregnancy with a favorable outcome.

Keywords: paroxysmal nocturnal hemoglobinuria (APG), pathogenetic treatment, pregnancy.

Григорян Нарине Аразиковна

*к.б.н., доцент, Ростовский государственный
медицинский университет
markgalustyan@yandex.ru*

Саргсян Джульетта Гургеновна

*Ростовский государственный
медицинский университет*

Смоляницкая Анна Игоревна

*Ростовский государственный медицинский
университет*

Аннотация. Пароксизмальная ночная гемоглобинурия входит в перечень орфанных заболеваний крови. Это редкое приобретенное клональное заболевание системы крови, характеризующееся внутрисосудистым гемолизом, дисфункцией костного мозга и повышенным риском тромботических и органных осложнений. Беременность при пароксизмальной ночной гемоглобинурии является не желательной в связи с повышенной угрозой выкидыша, преждевременных родов, жизни и здоровью женщины. На примере истории болезни пациентки с пароксизмальной ночной гемоглобинурией (ПНГ) мы решили, показать особенности клинической картины этого заболевания и продемонстрировать эффективность длительного патогенетического лечения при беременности с благоприятным исходом.

Ключевые слова: пароксизмальной ночной гемоглобинурией (ПНГ), патогенетическое лечение, беременность.

Введение

Пароксизмальная ночная гемоглобинурия — редкое незлокачественное клональное гематологическое заболевание, которое проявляется гемолитической анемией, костномозговой недостаточностью и тромбозом. По данным международного Регистра ПНГ, инициированного в 2003 г., заболеваемость ПНГ составляет 1–1,5 на 1.000.000 населения в год. Распространенность составляет 1,59 на 100.000 человек [1].

При данной патологии соматические мутации в связанном с X-хромосомой гене, кодирующем синтез фосфатидилинозитол-якорного белка класса А (PIGA), приводят к полной или частичной недостаточности гликозилфосфатидил-якорных белков (GPI-APs). Утрата GPI-AP CD55 и CD59 приводит к потере защиты клетки от комплемент-индуцированного лизиса и делает ПНГ-эритроциты чувствительными к внутрисосудистому гемолизу и приводит к тромбозу [2].

В отсутствие патогенетической терапии у больных прогрессируют обусловленные хроническим гемоли-

зом симптомы. Это значительно ухудшает их состояние и может привести к смерти. Появление таргетной терапии ингибиторами комплемента значительно изменило прогноз больных пароксизмальной ночной гемоглобинурией [3].

Экулизумаб — человеческие моноклональные антитела, которые подавляют терминальную активность комплемента человека, обладая высокой аффинностью к его C5-компоненту. Как следствие, полностью блокируется расщепление компонента C5 на C5a и C5b и образование терминального комплекса комплемента C5b-9. Таким образом, экулизумаб восстанавливает регуляцию активности комплемента в крови и предотвращает внутрисосудистый гемолиз у больных пароксизмальной ночной гемоглобинурией [2,4].

Беременность при пароксизмальной ночной гемоглобинурии является ситуацией высокого риска. При беременности происходит физиологическая активация системы комплемента. Сочетание физиологической активации системы комплемента при беременности с хроническим комплемент-опосредованным гемоли-

зом, обусловленным самим заболеванием, значительно повышает частоту акушерских осложнений и неблагоприятных исходов беременности для матери и плода. До применения таргетной терапии частота вынашивания беременности не превышала 50 %, а материнская смертность во время беременности и в послеродовом периоде достигала 21 %, преимущественно вследствие тромбозов и инфекционных осложнений [5].

Проведение таргетной терапии экулизумабом во время беременности значительно улучшает течение беременности, уменьшает риск развития осложнений беременности, повышает частоту живорождений, улучшает исходы беременности как для матери, так и для плода, не оказывая негативного влияния на здоровье новорожденного [3].

По причине чрезвычайной редкости заболевания, а тем более беременности при нем, доказательная база крайне ограничена. Это затрудняет оценку уровня и доказательности рекомендаций для данной категории больных [3].

В данной статье описан клинический случай диагностики пароксизмальной ночной гемоглобинурии в 1-м триместре беременности и тактики ведения данной беременности.

Клинический случай

На консультацию обратилась пациентка М., 25 лет, с жалобами на общую слабость, повышенную утомляемость, склонность к учащению сердцебиения, периодическим повышением температуры тела до субфебрильных цифр, периодическим появлением желтушности кожных покровов.

Из анамнеза. У пациентки с детства — склонность к снижению гемоглобина в общем анализе крови. По этому поводу в течение длительного времени к врачу не обращалась, принимала ли какие-то лекарственные препараты, не помнит. В 2015–2016 гг. — 1-я беременность, двойня диагностическая дихориальная, во время беременности отмечалось снижение гемоглобина (до каких цифр, не помнит), консультирована гематологом, однако заключение врача не предоставлено. Во время беременности получала терапию препаратом железа. Роды оперативные в сроке 37–38 нед., без патологии. После родов принимала препарат железа в течение некоторого времени. Затем в течение нескольких лет анализы не контролировала, к врачу не обращалась.

Весной 2020 г. отмечала появление желтухи. Обратилась к терапевту в поликлинику по месту жительства. При обследовании было выявлено повышение билирубина за счет непрямой фракции: общий билиру-

бин — 109,3 мкм/л, прямой — 3,56 мкм/л. Пациентка консультирована гастроэнтерологом, заключение гастроэнтеролога также предоставлено не было, проводилась терапия урсодезоксихолевой кислотой, мебеверином, панкреатином. В общем анализе крови вновь была выявлена анемия, получала препараты железа и фолиевой кислоты. В октябре 2020 г. пациентка отмечала повышение температуры тела до субфебрильных цифр. Наблюдающим терапевтом состояние было расценено как ОРВИ, проводилась противовирусная терапия, позже проведен курс антибиотикотерапии левофлоксацином без существенного эффекта. Отмечалось нарастание анемического синдрома, сохранялась гипербилирубинемия.

В ноябре 2020 г. пациентка была направлена на консультацию гематолога. В общем анализе крови на момент обращения регистрировалась анемия средней степени (гемоглобин — 83 г/л, эритроциты — $3,22 \times 10^9$ /л, гипохромия), также обращали на себя внимание лейкопения: лейкоциты — $2,6 \times 10^9$ /л, нейтропения; незначительная тромбоцитопения — 146×10^9 /л; отмечалось повышение содержания ретикулоцитов до 4,5 %. В биохимическом анализе крови сохранялась гипербилирубинемия за счет непрямой фракции (общий билирубин — 42,5 мкм/л), отмечено повышение лактатдегидрогеназы (ЛДГ) до 763 Ед/л. Исключены вирусные гепатиты В и С. Выполнены УЗИ и СКТ органов брюшной полости — значимой патологии не выявлено. В связи с наличием гипохромной анемии выполнено определение маркеров дефицита железа, выявлено выраженное снижение содержания ферритина в крови — 8,0 мкг/л. Также в связи с наличием гипербилирубинемии выполнено исследование гена UGT1A1, выявлен генотип 7ТА/7ТА, что позволило диагностировать синдром Жильбера. В связи с наличием анемического синдрома, признаков хронического гемолиза, а также лейкопении и тромбоцитопении была заподозрена пароксизмальная ночная гемоглобинурия. Методом проточной цитофлуориметрии диагноз был подтвержден (размер клона на гранулоцитах составлял 50,01 %, на моноцитах — 73,18 %, на эритроцитах — 33,54 %). Во время проведения обследования пациентка сообщила о беременности, срок 6 недель. От пребывания беременности пациентка категорически отказалась. Сразу же при констатации факта беременности начато проведение терапии низкомолекулярным гепарином — надропарин кальция по 0,3 мл 2 раза в день. Терапия проводилась в течение всей беременности. Проводилась терапия препаратом железа — сульфат железа (сорбифер) по 100 мг 2 раза в день внутрь под контролем содержания ферритина в крови, в динамике доза препарата была снижена до 100 мг в сутки. Также пациентка получала фолиевую кислоту 5 мг в день внутрь. С 1.04.21 (срок беременности 19–20 недель) появилась возможность начать проведение терапии экулизумабом по стандартной для лечения ПНГ схеме — 600 мг эку-

лизумаба в/в капельно 1 раз в неделю в течение 4 недель, с 5-й недели — 900 мг экулизумаба в/в капельно 2 раза в неделю. Перед началом терапии экулизумабом пациентка была вакцинирована противоменингококковой вакциной. На фоне проводимой терапии состояние пациентки оставалось стабильным. Отмечалось существенное снижение ЛДГ в крови. Содержание гемоглобина в крови в течение всей беременности составляло не менее 90 г/л. Количество тромбоцитов не снижалось менее $100 \times 10^9/\text{л}$. Избыточная активация свертывающей системы крови выявлена не была. Потребности в проведении гемотрансфузий не возникло. Тромботических осложнений также не отмечалось.

Беременность протекала нормально, нарушений в развитии плода выявлено не было.

Родоразрешена в срок путем операции кесарево сечение, родился здоровый мальчик массой тела 3550 г. После родоразрешения продолжено введение экулизумаба в прежнем режиме. В течение 2 месяцев после родоразрешения пациентка получала терапию низкомолекулярным гепарином. Послеродовых осложнений не наблюдалось.

Основной диагноз — Пароксизмальная ночная гемоглобинурия.

Сопутствующий диагноз: Синдром Жильбера.

Обсуждение и выводы

Беременность является состоянием, при котором происходит физиологическая активация свертываю-

Таблица 1.

Динамика показателей общего анализа крови во время беременности

	6–7 неделя	11–12 неделя	17–18 неделя	23–24 недели	29–30 неделя	33–34 недели	38–39 неделя	4–5 недель после родов
Гемоглобин	95 г/л	107 г/л	94 г/л	90 г/л	95 г/л	99 г/л	100 г/л	102 г/л
Эритроциты	$3,11 \times 10^{12}/\text{л}$	$2,95 \times 10^{12}/\text{л}$	$2,49 \times 10^{12}/\text{л}$	$2,35 \times 10^{12}/\text{л}$	$2,43 \times 10^{12}/\text{л}$	$2,43 \times 10^{12}/\text{л}$	$2,51 \times 10^{12}/\text{л}$	$2,7 \times 10^{12}/\text{л}$
Ретикулоциты	4,5 %	3,13 %	3,88 %	5,69 %	4,38 %	6,49 %	5,25 %	
Лейкоциты	$2,4 \times 10^9/\text{л}$	$3,2 \times 10^9/\text{л}$	$3,6 \times 10^9/\text{л}$	$5,0 \times 10^9/\text{л}$	$3,6 \times 10^9/\text{л}$	$3,7 \times 10^9/\text{л}$	$3,6 \times 10^9/\text{л}$	$2,7 \times 10^9/\text{л}$
Тромбоциты	$116 \times 10^9/\text{л}$	$120 \times 10^9/\text{л}$	$111 \times 10^9/\text{л}$	$117 \times 10^9/\text{л}$	$115 \times 10^9/\text{л}$	$110 \times 10^9/\text{л}$	$100 \times 10^9/\text{л}$	$152 \times 10^9/\text{л}$

Таблица 2.

Динамика показателей биохимического анализа крови во время беременности

	6–7 неделя	11–12 неделя	17–18 неделя	23–24 недели	29–30 неделя	33–34 недели	38–39 неделя	4–5 недель после родов
АлТ (реф.предел — 5–35 Ед/л)	19	18	16	9	6	10	10	14
АсТ (реф.предел — 5–35 Ед/л)	45	57,9	50	16	14	18	38	22
Билирубин общий/прямой	40,6/6,0	57,9/6,7	37,3/4,5	33,7/4,8	46,9/5,6	42,1/5,2	81,4/9,3	77,6/9,1
ЛДГ (реф.предел — до 248 Ед/л)	763	1252	888	255	255	277	412	339

Таблица 3.

Динамика показателей коагулограммы во время беременности

	6–7 неделя	11–12 неделя	17–18 неделя	23–24 недели	29–30 неделя	33–34 недели	38–39 неделя	4–5 недель после родов
АЧТВ (реф.предел — 26–36с)	31,2	23	23,2	23,9	22,1	21,4	23,7	25,2
МНО (реф.предел — 0,9–1,2)	1,04	0,92	0,84	0,84	0,95	0,92	0,88	0,94
ТВ (реф.предел — 17–23 с)	17	15,5	12	12,6	14,8	15,6	16,8	17,5
Фибриноген (реф.предел — 1,8–3,5)	2,7	3,4	2,9	2,8	3,4	3,2	4,5	2,4
Антитромбин (реф.предел — 75–125 %)	93	85	93	85	85	89	86	100
D-димер (реф.предел — до 550 нг/мл)	286	444	765	1256	1275	1276	2263	597

щей системы крови, позволяющая защитить женщину от чрезмерной кровопотери в родах. Наличие у женщины какой-либо наследственной или приобретенной склонности к повышенному тромбообразованию, а также воздействие определенных факторов риска существенно повышают риск избыточной активации свертывающей системы крови и могут способствовать развитию тромботических осложнений. Поэтому при наличии повышенного тромботического риска при беременности необходимо проведение антитромботической профилактики, чаще всего в этом случае используются препараты низкомолекулярных гепаринов (НМГ), не оказывающие негативного влияния на плод.

Хронический гемолиз при ПНГ приводит к формированию серьезного тромботического состояния. Проведение антитромботической профилактики только препаратами НМГ при ПНГ является недостаточным и в большинстве случаев не может предотвратить тромбозы как у матери, так и в системе мать-плацента-плод [6,7,8,9].

Риск тромбозов различных локализаций при ПНГ значительно превышает риск при других типах тромботических состояний. Проведение терапии экулизумабом и обязательное назначение НМГ при беременности при отсутствии абсолютных противопоказаний помогает существенно снизить тромботический риск [5,6,14].

Проведение терапии экулизумабом во время беременности не только предотвращает тромботические осложнения, но и снижает риск плацента-ассоциированных нарушений. Это позволяет оптимизировать исходы беременности как для матери, так и для плода [3,13].

У пациентов с ПНГ нередко формируется железодефицитное состояние, связанное с потерей железа с мочой при гемоглинурии [10]. Широко известно негативное влияние железодефицита на течение беременности, развитие и состояние плода и новорожденного. Существуют данные о неблагоприятном влиянии железодефицитной анемии на формирование плаценты и повышении риска отслойки плаценты и кровотечения в родах [12, 13]. Существует большое количество данных, говорящих о том, что железодефицитная анемия у матери на ранних сроках беременности может повышать риск преждевременных родов [11]. Коррекция железодефицитного состояния позволяет улучшить общее состояние беременной женщины, добиться повышения гемоглобина и способствует дополнительному снижению риска развития акушерских осложнений.

Беременность при ПНГ в настоящее время является ситуацией высокого риска. Однако проведение таргетной терапии ингибиторами комплемента, а также проведение адекватной сопроводительной терапии позволяет значительно снизить риск осложнений и добиться рождения здорового ребенка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пароксизмальная ночная гемоглинурия. Клинические рекомендации. Министерство здравоохранения Российской Федерации. 2021 год.
2. Bravo-Perez C, Guarnera L, Williams ND, Visconte V. Paroxysmal Nocturnal Hemoglobinuria: Biology and Treatment. *Medicina (Kaunas)*. 2023 Sep 6;59(9):1612. doi: 10.3390/medicina59091612. PMID: 37763731; PMCID: PMC10535188.
3. М.А. Виноградова, А.Д. Кулагин, Р.Г. Шамаков. Беременность при пароксизмальной ночной гемоглинурии: от выживания к жизни. *Терапевтический архив*. 2022; 94 (7): 859–864.
4. Vidal. Справочник лекарственных средств. <https://www.vidal.ru/>
5. Ray JG, Burrows RF, Ginsberg JS, Burrows E.A. Paroxysmal nocturnal hemoglobinuria and the risk of venous thrombosis: review and recommendations for management of the pregnant and nonpregnant patient. *Haemostasis*. 2020;30(3):103–17. DOI:10.1159/000022532
6. Е.Ю. Упрямова, С.В. Новикова, А.А. Самко, И.В. Климова, Т.С. Будыкина, Е.М. Шифман. Беременность у пациентки с пароксизмальной ночной гемоглинурией: диагностика и тактика родоразрешения. *Российский вестник акушера-гинеколога* 1, 2017
7. Detsky Z., Rigo J Jr, et al. Activation of the complement system in normal pregnancy and preeclampsia. *Mol Immunol*. 2010;47(7-8):1500-16. DOI:10.1016/j.molimm.2010.01.021
8. Girardi G. Complement activation, a threat to pregnancy. *Semin Immunopathol*. 2018;40(1):103-11. DOI:10.1007/s00281-017-0645-x
9. Ray JG, Burrows RF, Ginsberg JS, Burrows E.A. Paroxysmal nocturnal hemoglobinuria and the risk of venous thrombosis: review and recommendations for management of the pregnant and non pregnant patient. *Haemostasis*. 2000;30(3):103-17. DOI:10.1159/00022532
10. Nocturnal hemoglobinuria: a cross-sectional survey from a single institution in China. *Med Sci Monit*. 2018 Oct 11;24:7256–7263. DOI:10.12659/MSM.910614.
11. М.А. Виноградова, Т.А. Федорова, О.В. Рогачевский. Влияние железодефицитной анемии на исходы беременности. *Акушерство и гинекология* 7, 2015
12. Arnold D.L., Williams M.A., Miller R.S., Qui C., Sorensen T.K. Iron deficiency anemia, cigarette smoking and risk of abrupt placenta. *J. Obstet. Gynecol. Res*. 2009; 35(3): 446–52
13. Alashkar F, Saner FH, Vance C, et al. Pregnancy in Classical Paroxysmal Nocturnal Hemoglobinuria and Aplastic Anemia-Paroxysmal Nocturnal Hemoglobinuria: A High-Risk Constellation. *Front Med (Lausanne)*. 2020;7:543372. DOI:10.3389/fmed.2020.54337
14. Brodsky RA. Paroxysmal nocturnal hemoglobinuria. *Blood*. 2014 Oct 30;124(18):2804–11. Doi: 10.1182/blood-2014-02-522128. Epub 2014 Sep 18. PMID: 25237200; PMCID: PMC4215311.

© Григорян Нарине Аразиковна (markgalustyan@yandex.ru); Саргсян Джульетта Гургеновна; Смоляницкая Анна Игоревна

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КОНУСНО-ЛУЧЕВАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНОГО СУСТАВА

CONE BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY FOR VISUALIZATION OF THE TEMPOROMANDIBULAR JOINT

**K. Gusenkadiyeva
I. Rasulov
S. Radzhabov**

Summary. Visualization of the TMJ using cone-beam computed tomography (CBCT) and magnetic resonance imaging (MRI) allows for the diagnosis and treatment of disorders of this joint. CBCT provides three-dimensional images of the bony structures and joint space, as well as an assessment of bone morphology without distortion or superimpositions. MRI is ideal for visualizing soft tissues and allows for evaluation of the degree of skeletal anomalies. However, traditional visualization of the TMJ has its limitations due to two-dimensional imaging and adjacent anatomical superimposition. CBCT is a more accurate and informative method of visualizing this joint and is used for assessing treatment response. This study will examine the application of CBCT in investigating the TMJ in various patient categories with different pathologies, such as osteoarthritis, remodeling, ankylosis, trauma, rheumatoid arthritis, synovial chondromatosis, and other intra-articular pathologies.

Keywords: temporomandibular joint, computer tomography, volume of movement, pathologies.

Гусенкадиева Камила Нажмудиновна
Аспирант, Дагестанский государственный
медицинский университет

Расулов Ибрагим Магомедкамович
доктор медицинских наук, доцент, Дагестанский
государственный медицинский университет

Раджабов Селим Русланович
Врач, Дагестанский государственный
медицинский университет
Kgusenkadiyeva@bk.ru

Аннотация. Визуализация ВНЧС с использованием конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ) позволяет диагностировать и лечить нарушения этого сустава. КЛКТ позволяет получить трехмерные изображения костного отдела и суставного пространства, а также оценить морфологию кости без искажений и наложений. МРТ идеально подходит для визуализации мягких тканей и позволяет оценить степень скелетных аномалий. Однако традиционная визуализация ВНЧС имеет свои ограничения из-за двухмерного изображения и соседнего анатомического наложения. КЛКТ является более точным и информативным методом визуализации этого сустава и используется для оценки реакции на лечение. Рассмотрено применение КЛКТ для исследования ВНЧС у различных категорий пациентов с различными патологиями, такими как остеоартрит, ремоделирование, анкилоз, травма, ревматоидный артрит, синовиальный хондроматоз и другие внутрикапсулярные патологии.

Ключевые слова: височно-нижнечелюстной сустав, компьютерная томография, функциональное состояние, патологии.

Височно-нижнечелюстной сустав важен для нормального функционирования челюстно-лицевой области и может быть подвержен различным нарушениям, которые приводят к функциональным и эстетическим проблемам у пациентов.

Конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) — это метод визуализации, который позволяет получить трехмерное изображение височно-нижнечелюстного сустава, при этом важно понимать, что термин КЛКТ не связан с другими конкретными методами визуализации. Поле зрения, тип детектора и размер вокселя детектора — это изменяемые параметры для определения оптимальных изображений при диагностике.

Конусно-лучевая компьютерная томография использует конусообразный луч рентгеновского излучения, который проходит через пациента и регистрируется детектором. Это позволяет получить срезы изображения в различных плоскостях и воссоздать трехмерное изображение височно-нижнечелюстного сустава.

Рентгенологи полости рта отмечают, что по мере увеличения размеров вокселей и поля зрения разрешение изображения снижается, что является причиной плохого разграничения костей [1].

Далее рассмотрим некоторые распространенные проблемы ВНЧС, при которых КЛКТ может помочь в диагностике и планировании лечения.

Ремоделирование или возрастные изменения головки мышечка — это процессы, которые происходят со временем и влияют на структуру и функцию головки мышечка височно-нижнечелюстного сустава, что может быть вызвано различными факторами, включая старение, травму, воспаление и избыточную нагрузку на сустав.

Для диагностики и оценки возрастных изменений головки мышечка может применяться КЛКТ (конусно-лучевая компьютерная томография), рентгенография,

магнитно-резонансная томография и другие методы визуализации.

Остеоартрит (ОА) ВНЧС — дегенеративное заболевание, характеризующееся повреждением хрящевой ткани и изменениями в суставах. Он чаще всего развивается в старших возрастных группах и может приводить к боли, скованности и ухудшению функции суставов.

Костные изменения при ОА лучше всего выявляются при КЛКТ по сравнению с панорамной рентгенографией, линейной томографией и МРТ. КЛКТ-визуализация помогает определить стадию заболевания, контролировать его и отображать изменения, вызванные ОА [2].

Ограничение движения нижней челюсти является клиническим симптомом анкилоза ВНЧС.

Анкилоз ВНЧС (вегетативно-носовой цикл сна) — это состояние, при котором нарушена функция спящих структур мозга, отвечающих за нормальное функционирование вегетативной нервной системы и носового цикла сна. Это может привести к ряду симптомов, включая сонливость днем, утомляемость, снижение физической и умственной активности, плохую концентрацию внимания и нарушение памяти.

Результаты визуализации выявляют частичную или полную эрадикацию суставной щели ВНЧС, костной ткани, соединяющей мыщелок и височную кость, а также скулового костного отростка, что иногда представлено аморфными аномальными костными отложениями [2].

Воспалительный артрит, также известный как ревматоидный артрит, является хроническим воспалительным заболеванием суставов, которое обычно поражает несколько суставов одновременно. Оно относится к группе заболеваний, известных как внутрисуставные воспалительные заболевания.

Системными заболеваниями, ответственными за воспаление синовиальной оболочки, являются РА, ювенильный идиопатический артрит, спондилоартрит, анкилозирующий спондилит, красная волчанка и синдром Рейтера [2].

Воспалительный артрит имеет неспецифические рентгенологические симптомы, сходные с ОА [2].

Внутренние нарушения ВНЧС — это состояния, при которых суставной диск находится в аберрантном положении по отношению к мыщелку нижней челюсти и суставному возвышению. Смещение передней части суставного диска с редукцией или без нее является частым симптомом этого состояния [2].

Например, при смещении диска заднее положение головки мыщелка в суставной ямке вызывает уменьшение задней суставной щели. С другой стороны, в случае смещения диска без репозиции сообщалось о минимальных поступательных движениях мыщелка. В этих двух ситуациях КЛКТ помогает выявить внутренние нарушения [2].

Переломы ВНЧС чаще всего встречаются в шейке мыщелка и часто связаны со смещением головки мыщелка. Место перелома (внутриартикулярное, экстракапсулярное или субмыщелковое), его направление, а также наличие и протяженность перелома видны на КЛКТ-изображениях [2].

Ограниченного КЛКТ-сканирования достаточно для визуализации локализованных переломов мыщелка, но может потребоваться полное сканирование в поле зрения, чтобы определить степень перелома головки мыщелка. Для всей травмированной челюстно-лицевой области для исследования скелета используется мультипланарная КЛКТ.

Костные структуры ВНЧС можно четко увидеть на КЛКТ-изображениях, и в настоящее время оценка изменений костной морфологии основана на качественных наблюдениях. В недавних исследованиях этот метод обработки изображений использовался, чтобы выяснить, можно ли измерить эти рентгенографические изменения и связать их с другими последствиями для здоровья. Соответствие формы, метод трехмерного картирования поверхности, используется для картирования анатомии мыщелка и ее изменений, вызванных ОА [3].

Благодаря минимальному лучевому воздействию на пациентов, компактному аппарату и способности создавать многополосные преобразования и трехмерные изображения, КЛКТ имеет явное преимущество перед другими методами визуализации [3].

Для оценки переломов, дегенеративных изменений, эрозий, инфекций, объема дыхательных путей, пазух, носового хода и врожденных дефектов лучшим методом является КЛКТ [3].

Хотя КЛКТ в первую очередь представляет собой метод трехмерной визуализации, он также может создавать двумерные изображения хорошего качества [4].

В Таблице 1 показаны различные исследования, проведенные по КЛКТ ВНЧС.

По данным таблицы видно, что была исследована выборка из 37 сочленений ВНЧС из 30 черепов с нормальной морфологией мыщелка ($n = 19$) или эрозией латерального полюса ($n = 18$), чтобы определить уровень

Таблица 1.

Исследования, проведенные для визуализации ВНЧС с использованием КЛКТ [4]

Размер образца	Результат	Заключение
37 сочленений ВНЧС из 30 черепов.	КЛКТ обеспечивала большую точность и надежность, чем линейная ТОМО и панорамная проекция.	Изображения КЛКТ являются более точными и надежными для визуализации ВНЧС.
71 фотография ВНЧС	Уменьшение суставной щели обнаружено в 50 % суставов, а склероз нижнечелюстной ямки выявлен в 68 % суставов.	Дегенеративный артрит связан со старением.
10 ВНЧС из пяти сухих человеческих черепов	Надежность внутри наблюдателя была выше для МДСТ, чем для КЛКТ. Надежность между наблюдателями была выше для КЛКТ, чем для МДСТ.	КЛКТ требует меньшего радиационного воздействия для визуализации ВНЧС.
440 ВНЧС от 220 пациентов	Склероз — наиболее частое костное изменение мыщелка.	Критерии диагностики остеоартрита должны быть более тщательными и конкретными.
16 ВНЧС содержат естественные и искусственно созданные эрозии и 16 нормальных ВНЧС.	Диагностическая эффективность области КЛКТ под кривой для поля зрения 6 дюймов была значительно выше, чем для поля зрения 12 дюймов.	КЛКТ-сканирование с небольшим полем зрения более эффективно, чем сканирование с большим полем зрения.

точности КЛКТ для визуализации ВНЧС по сравнению с панорамной радиологией и линейной радиологией.

Это перекрестное обсервационное исследование показало, что КЛКТ превосходит томографию и панорамную проекцию с точки зрения надежности и точности. Таким образом, КЛКТ считалась более надежной и точной для визуализации ВНЧС, чем любой другой метод визуализации [5].

Компьютерные данные из 71 фотографии ВНЧС пациентов с дегенеративным артритом для оценки изменений при остеоартрите. Включенные параметры включали изменения в костной структуре мыщелка, суставных промежутках и костные изменения в нижнечелюстной ямке. Авторы сообщили об уменьшении суставных пространств в 50 % исследованных суставов и о склерозе нижнечелюстной ямки в 68 % суставов [4]. Методика КЛКТ помогла обнаружить дефекты височно-нижнечелюстного сустава.

Также получили данные, собранные в результате осмотра невооруженным глазом 110 участков в 10 ВНЧС из пяти сухих человеческих черепов, чтобы оценить надежность и точность КЛКТ по сравнению с многодетекторной компьютерной томографией (МДКТ). В качестве параметров анализа использовали чувствительность, специфичность и каппа-статистику [6].

Их результаты показали, что (а) чувствительность обоих методов была сравнительно низкой; (б) специфичность была высокой и сопоставимой; (с) надежность внутри наблюдателя была выше для МДСТ, чем для КЛКТ; и (d) межисследовательская надежность была выше для КЛКТ.

Однако КЛКТ требовала меньшего лучевого воздействия на пациентов для визуализации ВНЧС с подозрением на костные изменения на поверхности.

Таким образом, методы КЛКТ более чувствительны и надежны для визуализации ВНЧС, чем другие методы.

Данные КЛКТ и клинические записи первого визита 440 ВНЧС от 220 последовательных пациентов с ВНЧС, применялись чтобы наблюдать изменения мыщелковой кости у пациентов. В результате получены данные о склерозе как о наиболее частом костном изменении мыщелка (30,2 %), за которым следовали поверхностные эрозии (29,3 %), уплощение суставной поверхности (25,5%) и отклонения форм, в том числе тростивидные, медиальные или латеральные полюса. депрессия ВНЧС, уплощение задней поверхности мыщелка и раздвоенного мыщелка [4]. Костные изменения у пациентов с ВНЧС (например, склероз) можно легко обнаружить с помощью КЛКТ [7]. В рамках исследования собрали 32 образца ВНЧС, из которых 16 содержали естественные и искусственно созданные эрозии, а 16 были нормальными ВНЧС, чтобы изучить влияние поля зрения и размера вокселей на диагностическую эффективность КЛКТ-сканирования для обнаружения эрозий ВНЧС [8]. Они использовали термомюлюминесцентные дозиметрические чипы для расчета поглощенной дозы и эффективной дозы. Протоколы визуализации сравнивались с использованием кривой рабочих характеристик приемника [9]. Их результаты показали, что диагностическая эффективность области КЛКТ под кривой для поля зрения 6 дюймов была значительно выше, чем у поля зрения 12 дюймов. Эффективная доза для поля зрения 6 дюймов составила 558 мкЗв, а для поля зрения 12 дюймов — 916 мкЗв [10].

Использование КЛКТ для оценки костных компонентов ВНЧС быстро растет. По сравнению с КТ, КЛКТ дает многоплоскостные изображения ВНЧС с высоким разрешением и требует более низких доз облучения. КЛКТ предоставляет важную информацию для диагностики различных состояний ВНЧС, включая ОА, воспалительный артрит, травмы и аномалии развития. КЛКТ может

быть методом выбора для определения костной морфологии ВНЧС из-за ее высокой точности измерения структур лица, включая ВНЧС. Для оценки ВНЧС КЛКТ быстро заменила КТ как более доступную и дозозэффективную альтернативу. При КЛКТ время сканирования короче,

а доза облучения пациентов ниже по сравнению с обычной КТ. КЛКТ генерирует изображения превосходного диагностического качества. Эта новая технология является чрезвычайно важным диагностическим инструментом, и ее популярность постепенно растет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хватова В.А., Абакаров С.И., Басов А.В., Абакарова Д.С., Аджиев К.С. Дисфункции и заболевания височно-нижнечелюстного сустава: учебное пособие / В.А. Хватова, С.И. Абакаров, А.В. Басов, Д.С. Абакарова, К.С. Аджиев; ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия последипломного образования» — М.: ГБОУ ДПО РМАПО, 2013. — 51 с.
2. Сравнение дополнительных методов диагностики дисфункции височно-нижнечелюстного сустава / С.И. Гажва, Д.М. Зызов, Т.В. Болотнова [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. — 2017. — № 1-1(55). — С. 98–101. — DOI 10.23670/IRJ.2017.55.130.
3. Найданова И.С., Писаревский Ю.Л., Шаповалов А.Г., Писаревский И.Ю. Возможности современных технологий в диагностике функциональных нарушений височно-нижнечелюстного сустава (обзор литературы) // Проблемы стоматологии. 2018. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-sovremennyh-tehnologiy-v-diagnostike-funktsionalnyh-narusheniy-visochno-nizhnechelyustnogo-sustava-obzor-literatury> (дата обращения: 23.12.2023).
4. Методика оценки положения височно-нижнечелюстного сустава / Н.А. Соколович, А.В. Рыбаков, А.А. Саунина [и др.] // Медицинский альянс. — 2023. — Т. 11, № 1. — С. 90–98.
5. Патент № 2797188 С1 Российская Федерация, МПК А61В 5/00, А61В 6/00, А61В 6/14. Способ исследования дисфункции височно-нижнечелюстного сустава у пациентов с миогенным характером боли: № 2021139192: заявл. 27.12.2021: опубл. 31.05.2023 / Н.В. Стяжкин, Н.В. Мягкова.
6. Сравнение различных методов расчета параметров височно-нижнечелюстного сустава по данным компьютерной томографии / Л. В. Дубова, А. Н. Ряховский, С. С. Присяжных [и др.] // Ортодонтия. — 2021. — № 2(94). — С. 16–21.
7. Индивидуализация протокола конусно-лучевой компьютерной томографии височно-нижнечелюстного сустава / П.Н. Гелетин, Д.В. Рогацкин, Н.В. Гинали, Е.И. Бойкова // Институт стоматологии. — 2012. — № 2(55). — С. 48–51.
8. Гелетин, П.Н. Сравнительная характеристика способов лучевой визуализации элементов височно-нижнечелюстного сустава / П.Н. Гелетин, Д.В. Рогацкин // Институт стоматологии. — 2011. — № 3(52). — С. 56–57.
9. Газинский, В.В. Использование конусно-лучевой компьютерной томографии в диагностике заболеваний височно-нижнечелюстного сустава / В.В. Газинский, Д.С. Бессчастный, И.С. Гончаров // Актуальные вопросы стоматологии: Сборник научных трудов, посвященный основателю кафедры ортопедической стоматологии КГМУ профессору Исааку Михайловичу Оксману. — Казань: Казанский государственный медицинский университет, 2021. — С. 537–542.
10. Диагностика состояния элементов височно-нижнечелюстных суставов с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии / С.П. Рубникович, И.Н. Барадина, Ю.Л. Денисова, Д.М. Бородин // Стоматологическая весна в Белгороде — 2022: Сборник трудов Международной научно-практической конференции в рамках международного стоматологического фестиваля «Площадка безопасности стоматологического пациента», посвященного 100-летию Московского государственного медико-стоматологического университета им. А.И. Евдокимова, Белгород, 09 июня 2022 года. — Белгород: Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 2022. — С. 212–215.

© Гусенкадиева Камила Нажмудиновна; Расулов Ибрагим Магомедкамилович;
Раджабов Селим Русланович (kgusenkadiyeva@bk.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ ГЕМОСТАЗА ПРИ ТЕРАПИИ НЕВРАЛГИИ ТРОЙНИЧНОГО НЕРВА БИОРЕГУЛИРУЮЩИМИ ПЕПТИДАМИ

CHANGES IN THE PARAMETERS OF THE HEMOSTATIC SYSTEM IN THE TREATMENT OF TRIGEMINAL NEURALGIA WITH BIOREGULATORY PEPTIDES

**M. Katman
N. Yashnova
D. Golikova**

Summary. According to foreign and domestic authors, the incidence of trigeminal neuralgia ranges from 3 to 5 cases per 100,000 population per year. At the same time, this pathology occurs more often in women than in men in a ratio of 6:4, aged 40 years and older. Trigeminal neuralgia (TN) is a disease characterized by a severe, recurrent course and limited effective treatment methods, which significantly affects the patient's quality of life. There are a number of scientific studies that speak about the effective effect of bioregulatory therapy on the immune system, hemostasis and nonspecific resistance.

Keywords: trigeminal neuralgia, bioregulatory therapy, hemostasis, cortexin, surgical dentistry.

Катман Мария Александровна

*к.м.н. доцент, ФГБОУ ВО «Читинская государственная
медицинская академия»*

Яшнова Надежда Борисовна

*ассистент, ФГБОУ ВО «Читинская государственная
медицинская академия»*

Голикова Дарья Антоновна

*ФГБОУ ВО «Читинская государственная
медицинская академия»
katman_mariya@mail.ru*

Аннотация. По данным зарубежных и отечественных авторов частота возникновения невралгии тройничного нерва колеблется от 3 до 5 случаев на 100000 населения в год. При этом, чаще данная патология возникает у женщин, чем у мужчин в соотношении 6:4, в возрасте от 40 лет и старше. Невралгия тройничного нерва (НТН) заболевание, характеризующееся тяжелым, рецидивирующим течением и ограниченностью эффективных методик лечения, что значительным образом влияет на качество жизни пациента. Существует ряд научных исследований, в которых говорится об эффективном влиянии биорегулирующей терапии на иммунную систему, гемостаз и неспецифическую резистентность.

Ключевые слова: невралгия тройничного нерва, биорегулирующая терапия, гемостаз, кортексин, хирургическая стоматология.

По данным зарубежных и отечественных авторов частота возникновения невралгии тройничного нерва колеблется от 3 до 5 случаев на 100000 населения в год. Вместе с тем, данная патология симптомов, характеризующиеся приступами интенсивных, мучительных болей, локализующихся в зоне иннервации одной или нескольких ветвей тройничного нерва. При этом, чаще данная патология возникает у женщин, чем у мужчин в соотношении 6:4, в возрасте от 40 лет и старше. На основании данных клинических наблюдений у 60 % пациентов приступы болей возникают чаще в правой половине лица, чем в левой. Вместе с тем, по данным мировой статистики возникновение заболевания приходится на возраст от 55 до 65 лет, в то время как в Японии возраст составляет от 60 до 79 лет. По гендерному признаку невралгия тройничного нерва чаще встречается у женщин, чем у мужчин. Существует мнение, что данный факт обусловлен анатомическими особенностями, в частности меньшим объемом задней черепной ямки [2].

Наряду с этим, по данным многих исследований установлено, что наблюдается большое количество аномалий сосудов головного мозга у женщин особенно

в постменопаузальном возрасте. Данный факт показывает важных сосудистых изменений взаимосвязанных с возрастом пациента. По данным В.Е. Гречко (1990), возможным этиологическим фактором возникновения невралгии тройничного нерва может являться: неудовлетворительное кровоснабжение Гассерова узла и ствольных или корково-подкорковых образований системы тройничного нерва. Так, на выраженность сосудистых проявлений в структуре болевого приступа оказывает тесное анатомическое расположение корешков и ядер тройничного нерва с ветвями основных сосудистых магистралей, которые позволяют предположить существование тригеминальной невралгии сосудистого генеза [1].

Так у 75 % пациентов сосудистые нарушения усугубляли тяжесть течения заболевания и исход лечения. Кроме того, ишемия в зоне иннервации обуславливает местное и системное нарушение гемостаза, образование гистамина, кининов и простагландинов [3].

Невралгия тройничного нерва (НТН) заболевание, характеризующееся тяжелым, рецидивирующим течением и ограниченностью эффективных методик лечения, что значительным образом влияет на качество жизни паци-

ента. Наряду с этим, патология проявляется самопроизвольными, тяжелыми ланцинирующими болями пароксизмами с одной стороны в зоне иннервации второй и третьей ветвей и очень редко первой ветви. Болевой пароксизм появляется самостоятельно или в результате воздействия на триггерные зоны раздражителями. Вместе с тем, длительность приступа составляет от нескольких секунд до нескольких минут, возобновляющийся через короткие интервалы. Течение заболевания имеет волнообразное течение сменяющееся периодами ремиссии, длительность которых с возрастом уменьшается [4].

Наряду с этим, в международной классификации болезней 10 выделяется: идиопатическая тригеминальная невралгия (G44.847) при которой кроме боли нет других признаков поражения тройничного нерва и вторичная (симптоматическая) невралгия данный вид проявляется как один из симптомов проявления того или иного заболевания.

А также, установлено, что изменения в системе гемостаза и иммунитета оказывают воздействие на состояние гомеостаза с возможным развитием самостоятельных синдромов и болезней, что указывает на тесную взаимосвязь между системами гемостаза и иммунитета, которые формируют единую защитную гуморальную систему организма [5].

Изменение значений показателей гемостаза таких, как время рекальцификации, Протромбиновый индекс, АЧТВ, Фибриноген, Антитромбин III, РФМК, Фибринолиз имеет большое значение в развитии и течении невралгии. Вместе с тем, активированное время рекальцификации (АВР) является показателем уровня взаимодействия между плазменным и клеточным звеньями гемостаза. АВР — временной период, необходимый для образования фибрина в плазме, которая насыщена кальцием и тромбоцитами. Так, удлинение периода АВР наблюдается при тромбоцитопении, тромбоцитопатии и гемофилии, а укорочение свидетельствует о стремлении к формированию тромбов. Вместе с тем, протромбиновый индекс используется для оценки внешнего пути свертывания плазмы крови и характеризует ее время. Так, уменьшение времени свертываемости указывает о сдвиге в сторону гиперкоагуляции. Тромбиновое время характеризует конечный этап гемостаза. Показывает отрезок времени, требуемый для формирования сгустка фибрина в плазме. Активированное частичное тромбопластиновое время (АЧТВ) способ, определяющий время формирования фибриновых волокон. Увеличение времени АЧТВ свидетельствует о риске кровотечений, а укорочение указывает на процессы гиперкоагуляции [6,8,10].

Показатель такой, как фибриноген или фактор 1 представляет свертывающую способность крови. При увеличении значений выше нормы существует вероятность

повреждения тканей внутри организма или наличие активного воспаления. Вместе с тем антитромбин III является белком инактивирующим факторы свертываемости крови, функция которого заключается в предупреждении тромбообразования. Наряду с этим, растворимые фибрин-мономерные комплексы (РФМК) при значениях выше нормы указывают на склонность к гиперкоагуляции. При этом фибринолиз указывает на повышенный риск на образование тромба при увеличении времени растворения кровяного сгустка [7,10].

Невралгия тройничного нерва (НТН) выделена в отдельную нозологическую форму в 1756 году. Несмотря на то, что со времени ее первого описания прошло более 200 лет, вопросы этиологии, патогенеза и лечения нельзя считать полностью решенными. В настоящее время лечение невралгии тройничного нерва проводится врачом неврологом, терапия заболевания проводится противосудорожными препаратами. При этом, пациентам дополнительно осуществляется назначение: курса витаминотерапии, физиотерапевтического лечения. Вместе с тем, при низкой эффективности медикаментозного лечения возможно назначение курса блокад с местными анестетиками у хирурга-стоматолога [9].

Существует ряд научных исследований, в которых говорится об эффективном влиянии биорегулирующей терапии на иммунную систему, гемостаз и неспецифическую резистентность. Вместе с этим, следует предположить, что последняя может показать высокую эффективность при лечении невралгии тройничного нерва. Кортесин — это комплекс полипептидов, выделенный из серого вещества головного мозга, оказывающий влияние на функцию нейронов и глиальных клеток. Кроме того, он обладает иммуномодулирующим действием и стимулирует регенерацию тканей, эффективно защищает и восстанавливает функции центральной нервной системы. Благодаря трехвекторному механизму действия: нейропротекция (влияние на каскадную регуляцию апоптоза), нейропластичность (восстановление баланса нейромедиаторов и межнейронных взаимодействий) и нейрорепарация (регуляция роста и дифференцировки нейронов) [11,12].

Цель работы

Изучить состояние системы гемостаза у больных с НТН и после коррекции биорегулирующими пептидами.

Материалы и методы исследования

Обследованы 70 пациентов с диагнозом: Невралгия тройничного нерва, в возрасте от 42 до 68 лет, страдающих данной патологией от 5 до 27 лет. Все пациенты ранее получали амбулаторное и стационарное лечение в неврологических и челюстно-лицевых отделениях

г. Читы и Забайкальского края. Всем пациентам назначена противосудорожная, седативная, симптоматическая и витаминотерапия. Данный лечебный комплекс приводил к ремиссии заболевания от 3 месяцев до 1,5 лет, но полного излечения у пациентов не наблюдалось.

Все пациенты разделены на две группы: исследуемая группа (n=35) получали в качестве лечения т.финлепсин по 0,02 мг 3 раза в день 1 месяц, т.аминотриптилин 75 мг на ночь 10 дней, витамины В1, В6 по 1 мл внутримышечно по 10 инъекций и дополнительно биорегулятор кортексин внутримышечно по 1 мг 10 дней. Группа клинического сравнения пациенты (n=35) с НТН, получающие т.финлепсин по 0,02мг 3 раза в день 1 месяц, т.аминотриптилин 75 мг на ночь 10 дней, витамины В1, В6 по 1 мл внутримышечно 10 инъекций.

Контрольная группа — 25 человек — соматически здоровые люди, без сопутствующей патологии. Все пациенты сопоставлены по возрасту, полу и сопутствующей патологии.

Эффективность проводимой терапии оценивали на оценке частоты, длительности и интенсивности болевого приступа, сроков ремиссии.

Для оценки функционирования системы гемостаза использовалось изучение показателей коагулограммы: время рекальцификации плазмы, активированное частичное тромбопластиновое время (АЧТВ), протромбиновое и тромбиновое время, тромботест, концентрацию фибриногена, Хагеман-зависимый фибринолиз, анти-тромбин — III, растворимые фибрин-мономерные комплексы (РФМК).

Статистическую обработку полученных данных проводилась при помощи программы SPSS Statistics 11.0 с соблюдением принципов статистического анализа, принятых для исследований в биологии и медицине.

Результаты исследования

Установлено, что в группе сравнения наблюдалось уменьшение интенсивности болевого синдрома у 26 больных (75 %), у 9 пациентов полностью отсутствовал болевой синдром (25%). В группе исследования у 31 больного (90 %) болевой синдром полностью купирован, у 4 пациентов (10 %) наблюдалось уменьшение интенсивности болевого синдрома. После проведенного лечения срок ремиссии в группе клинического сравнения в среднем составил 3,5 месяца, в основной группе увеличился до 7,5 месяцев, что больше в 1,2 раза. Время рекальцификации в группе контроля составило 129,4 сек. у лиц с невралгией исследуемых групп до лечения лица 118,0 сек., в группе клинического сравнения после лечения 112,0 сек., группа исследования 128,7сек.

Протромбиновый индекс в группе контроля составил 98,2 %, у лиц с невралгией исследуемых групп до лечения лица 96 %, в группе клинического сравнения после лечения 93,5 %, группа исследования 99,1 %.

Тромбиновое время в группе контроля составило 15,5 сек., у лиц с невралгией исследуемых групп до лечения лица 15,0 сек., в группе клинического сравнения после лечения 17,3 сек., группа исследования 15,9 сек. АЧТВ в группе контроля составил 44,3 сек., у лиц с невралгией исследуемых групп до лечения лица 43,0 сек., в группе клинического сравнения после лечения 43,2 сек., группа исследования 44,4 сек. Уровень фибриногена в группе контроля составил 3,9 г/л., у лиц с невралгией исследуемых групп до лечения лица 4,6 г/л., в группе клинического сравнения после лечения 4,8 г/л., группа исследования 4,0 г/л.

Показатель Антитромбина III в группе контроля составил 92,0 %, у лиц с невралгией исследуемых групп до лечения лица 73 %, в группе клинического сравнения после лечения 74,8 %, группа исследования 94 %. РФМК в группе контроля составил 3,38, у лиц с невралгией исследуемых групп до лечения лица 5,5, в группе клинического сравнения после лечения 4,2, группа исследования 3,7. При этом, скорость фибринолиза в группе контроля составила 7,2 мин., у лиц с невралгией исследуемых групп до лечения лица 9,0 мин., в группе клинического сравнения после лечения 8,1 мин., группа исследования 7,4 мин. Установлено, что у лиц, получавших дополнительно биорегулирующую терапию, выявлено повышение активности антитромбина — III, ускорились процессы фибринолиза, снижалась частота верификации продуктов деградации фибрина в крови.

Заключение

На основании полученных данных можно сделать вывод, что после лечения больных с невралгией тройничного нерва биорегулирующими пептидами отмечается уменьшение болевого синдрома в 1,19 раза больше количества пациентов, а полностью купирование болевого синдрома у пациентов в группе исследования в 2,2 раза больше, чем в группе сравнения. Наряду с этим, время рекальцификации в группе исследования после лечения в 0,9 раз меньше, чем в группе контроля и больше в 1,15 раз группы сравнения. Данный факт указывает, что показатель времени рекальцификации после лечения биорегулирующими пептидами приближается к значениям нормы, что указывает на улучшение уровня взаимодействия между плазменным и клеточным звеньями гемостаза в периневральных тканях. Значения протромбинового индекса в группе исследования в 1 раз больше, чем в группе контроля и в 1,06 раз больше группы сравнения. При этом в опытной группе наблюдается отсутствие склонности к гиперкоагуляции, что подтверждает факт

по восстановлению микроциркуляции в тканях. Вместе с тем, тромбиновое время в опытной группе выше в 1,02 раза группы контроля и 1,08 раза меньше группы сравнения, что свидетельствует о приближении протромбинового времени исследуемой группы к показателям нормы.

АЧТВ в исследуемой группе в 1 раз больше, чем в группе контроля и в 1,02 раза меньше группы сравнения. При этом значение фибриногена в группе клинического сравнения после лечения составило 1,2 раза выше, а в группе исследования в 1 раз выше.

Показатель Антитромбина III в группе клинического сравнения после лечения в 1,2 ниже, а в группе исследования в 1 раз выше. Выявленный факт указывает на снижение риска тромбозов у больных исследуемой группы.

РФМК в группе клинического сравнения после лечения в 1,2 раза выше, в группе исследования в 1 раз

выше, что свидетельствует о снижении риска тромбообразования в опытной группе. Скорость фибринолиза в группе клинического сравнения после лечения в 1,1 раза больше, а в группе исследования в 1 раз больше, что практически приближается к значениям нормы.

В результате поведенного исследования установлено, что у лиц, получавших дополнительно биорегулирующую терапию, выявлено повышение активности антитромбина — III, ускорился фибринолиз, уменьшалась частота выявления продуктов деградации фибрина в крови. Не маловажным является факт улучшения клинического состояния пациентов (увеличение сроков ремиссии, снижение частоты и интенсивности болевых приступов), кроме того, применение биорегулятора способствовало ликвидации последствий невралгии тройничного нерва (фобический синдром, постинъекционные невриты и т.д.), что значительно повышает качество жизни пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балязин В.А. Особенности биоэлектрической активности головного мозга у пациентов с классической невралгией тройничного нерва до и после консервативного лечения. *Российский журнал боли*. — 2021. — №19(2). — С. 5–9.
2. Балязина, Е.В. Комплексная диагностика нейроваскулярного конфликта у больных классической невралгией тройничного нерва. *Южно-Российский журнал терапевтической практики*. — 2020. — №1(1). — С.70–7.
3. Сланова Б.А. Методы лечения невралгии тройничного нерва. *Молодой ученый*. — 2023. — № 1 (448). — С. 240–243. URL: <https://moluch.ru/archive/448/98593>.
4. Колычева М.В., Безбородова Т.Ю., Шиманский В.Н., Струнина Ю.В., Гаджиева О.А. Карбамазепин в терапии невралгии тройничного нерва. *Российский журнал боли*. — 2022. — Т. 20. — № 4. — С. 28–34.
5. Журкин А.Н., Семенов А.В., Сороковиков В.А., Бартуль Н.В. Исторические аспекты проблемы лечения невралгии тройничного нерва и роль нейрохирургических методов в её решении (обзор литературы). *Acta Biomedica Scientifica*. — 2021. — Т. 6. — № 4. — С. 123–136.
6. Бабохужаев А.С.У., Садикова Х.К. Комбинированный подход в лечении больных невралгией тройничного нерва. *Студенческий вестник*. — 2021. — № 7-2(152). — С. 52–53.
7. Рожнова Е.Н., Дашьян В.Г., Токарев А.С., Евдокимова О.Л., Незнанова М.В., Синкин М.В. Оценка микроструктурных изменений тройничных нервов у пациентов с классической тригеминальной невралгией. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. — 2023. — Т. 17. — № 1. С. 20–26.
8. Аккалаева И.А., Нигколова Д.Э. Невралгия тройничного нерва. *Научный Лидер*. — 2023. — № 4(102). — С. 44–46.
9. Насифуллин А.Ф., Камалиева Д.Р., Ногтева Д.М., Смирнова А.В. Невралгия тройничного нерва: обзор литературы. *Уральский научный вестник*. -2023. — Т. 6. — № 3. — С. 103–106.
10. Гузарова, Н.Б. Гемостаз: Учебно-методическое пособие. Томск: ТМФК. — 2020. — 49 с.
11. Antonaci, F. Pitfalls in recognition and management of trigeminal neuralgia. *J Headache Pain*. — 2020. — Vol.21 (1). — P.82.
12. Araya, E.I. Trigeminal Neuralgia: Basic and Clinical Aspects. *Curr Neuropharmacol*. — 2020. — Vol.18 (2). — P.109–119.

© Катман Мария Александровна; Яшнова Надежда Борисовна; Голикова Дарья Антоновна (katman_mariya@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИДАЗЫ ВНУТРИ МАТКИ ПРИ БЛОКИРОВКЕ ШЕЙКИ МАТКИ КАТЕТЕРОМ ФОЛЕЯ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ФАКТОРА БЕСПЛОДИЯ

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF USING LIDASE INSIDE THE UTERUS WHEN BLOCKING THE CERVIX WITH A FOLEY CATHETER FOR THE TREATMENT OF INFERTILITY FACTOR

V. Ponomarev
A. Korzhuk
V. Artyushkov
M. Vengerenko
N. Grigoryan

Summary. The current study assesses the effectiveness of intrauterine administration of lidase in combination with balloon occlusion of the cervical canal with the Foley catheter for the treatment of women with infertility. Data analysis shows an increase in the number of women facing infertility, unsuccessful pregnancy attempts and reproductive losses. However, modern treatment methods, including a variety of therapeutic measures, help to reduce the risk of reproductive loss in these patients. The use of drip intrauterine administration of lidase is added to the number of effective treatment methods to extend the time of its exposure. We performed a balloon occlusion procedure of the cervical canal using the Foley catheter. This study was conducted in the gynecological department of GBUZ KKB No 2.

Currently, researchers specializing in the study of infertile marriages note an alarming trend — an increase in the number of women who have experienced infertility, are unable to end their pregnancy and have lost their reproductive function.

Modern approaches to treatment help to reduce the likelihood of losses in the reproductive sphere through an integrated approach that includes various therapeutic methods. Among the effective treatments, intrauterine administration of lidase is of particular importance to increase the duration of contact with the uterine cavity.

The aim of the study was to assess the effectiveness of the use of lidase in the complex therapy of women with chronic endometritis in the gynecological department of the Municipal Clinical Hospital No. 2.

The study was conducted to assess the effectiveness of the use of proteolytic enzymes (lidase) in the use of balloon catheters in the complex therapy of women with chronic endometritis in the gynecological department of the Municipal Clinical Hospital No. 2.

We performed the procedure of closing the cervix using the Foley catheter. The study was performed in the gynecological department of GBUZ KKB No. 2, with a focus on cervical preparation, reproductive dysfunction, antifibrotic effect, Foley catheter and intrauterine administration of lidase. Thus, the use of lidase is an effective addition to the main drug treatment, while the drug has a beneficial effect on reproductive function in women.

Keywords: reproductive dysfunction, antifibrotic effect, Foley catheter, intrauterine injection of lidase.

Пономарев Владислав Викторович

доктор медицинских наук, профессор, профессор,
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Кубанский государственный медицинский
университет» Министерства здравоохранения
Российской Федерации;

заведующий гинекологическим отделением,
государственное бюджетное учреждение
здравоохранения «Краевая клиническая больница № 2»
Министерства здравоохранения Краснодарского края
pvvkmldo@gmail.com

Коржук Ася Юрьевна

врач акушер-гинеколог гинекологического
отделения, государственное бюджетное учреждение
здравоохранения «Краевая клиническая больница № 2»
Министерства здравоохранения Краснодарского края
asyakorzhuk_korzhuk@mail.ru

Артышков Виктор Валерьевич

кандидат медицинских наук, врач
акушер-гинеколог высшей категории гинекологического
отделения, государственное бюджетное учреждение
здравоохранения «Краевая клиническая больница № 2»
Министерства здравоохранения Краснодарского края
11vik@mail.ru

Венгеренко Маргарита Эдуардовна

кандидат медицинских наук, врач акушер-
гинеколог высшей категории гинекологического
отделения, государственное бюджетное учреждение
здравоохранения «Краевая клиническая больница № 2»
Министерства здравоохранения Краснодарского края
vengerenko_margo@mail.ru

Григорян Нонна Самвеловна

врач акушер-гинеколог гинекологического
отделения, государственное бюджетное учреждение
здравоохранения «Краевая клиническая больница № 2»
Министерства здравоохранения Краснодарского края
nonna.Grigoryan777@mail.ru

Аннотация. Текущее исследование оценивает эффективность применения внутриматочного введения лидазы в сочетании с баллонной окклюзией цервикального канала катетером Фолея для лечения женщин с бесплодием. Анализ данных свидетельствует о увеличении числа женщин, сталкивающихся с проблемой бесплодия, неудачных попыток беременности и репродуктивных потерь. Однако современные методы лечения, включающие разнообразные терапевтические мероприятия, способствуют снижению риска репродуктивных потерь у данных пациенток. В число эффективных методов лечения добавляется применение капельного внутриматочного введения лидазы, чтобы продлить время ее воздействия. Мы провели процедуру баллонной окклюзии цервикального канала с использованием



Введение

В настоящее время исследователи, специализирующиеся на изучении бесплодных браков, отмечают тревожную тенденцию — увеличение количества женщин, столкнувшихся с бесплодием, неспособных закончить беременность до конца и потерявших репродуктивную функцию. Современные подходы к лечению помогают уменьшить вероятность потерь в репродуктивной сфере за счёт комплексного подхода, включающего различные терапевтические методы. Среди эффективных способов лечения особое значение имеет внутриматочное введение лидазы для увеличения продолжительности контакта с полостью матки. Мы провели процедуру закрытия шейки матки с использованием катетера Фолей.

Материалы и методы

Исследование было выполнено в гинекологическом отделении ГБУЗ ККБ No2, с фокусом на подготовке шейки матки, репродуктивной дисфункции, антифибротическом эффекте, катетера Фолей и внутриматочном введении лидазы. На сегодняшний день бесплодие представляет собой значительную проблему, связанную с нарушением возможности репродуктивной функции женского организма. По официальным данным, около пятой части женщин в мире страдают от бесплодия. Основные причины бесплодия — это маточные расстройства, многократно вызванные различными внутриматочными нарушениями (полипы, субмукозные миомы, гиперплазия эндометрия, внутриматочные синехии). Для выявления таких нарушений применяются ультразвуковое исследование органов малого таза, гистероскопия, биопсия эндометрия и другие методы диагностики. Для успеш-

катетера Фолей. Это исследование было проведено в гинекологическом отделении ГБУЗ ККБ No2.

Целью исследования была оценка эффективности использования лидазы в комплексной терапии женщин с хроническим эндометритом в гинекологическом отделении Муниципальной клинической больницы No2.

Исследование было проведено с целью оценки эффективности применения протеолитических ферментов (лидазы) при использовании баллонных катетеров в комплексной терапии женщин с хроническим эндометритом в гинекологическом отделении Муниципальной клинической больницы No2.

Мы провели процедуру закрытия шейки матки с использованием катетера Фолей. Исследование было выполнено в гинекологическом отделении ГБУЗ ККБ No2, с фокусом на подготовке шейки матки, репродуктивной дисфункции, антифибротическом эффекте, катетер Фолей и внутриматочном введении лидазы.

Таким образом, применение лидазы является эффективным дополнением к основному медикаментозному лечению, при этом препарат благоприятно влияет на репродуктивную функцию у женщин.

Ключевые слова: репродуктивная дисфункция, антифиброзный эффект, катетер Фолей, внутриматочное введение лидазы.

ного лечения бесплодия при маточной форме необходимо выявить основную причину. Значительное значение в развитии воспалительного процесса в эндометрии имеет эволюция микробных факторов, способствующих этому процессу. Преобладание анаэробных микроорганизмов, микроаэрофилов и вирусов среди возбудителей приводит к неявному протеканию воспалительного процесса в эндометрии, осложняя диагностику и лечение. Кроме того, длительное воздействие иммунокомпетентных клеток эндометрия инфекционным агентом нарушает регуляцию локального гомеостаза, продлевая тем самым ход инфекционного процесса.

Активация клеточных и гуморальных противовоспалительных процессов в организме вызывает повышенную выработку цитокинов и других биологически активных веществ. Эти соединения способствуют нарушениям кровотока, выпоту и отложению фибрина в тканях эндометрия. Снижение местной фибринолитической активности под влиянием противовоспалительных факторов способствует появлению новых сосудов в зонах первичных фиброзных изменений, что усугубляет морфологические изменения в тканях матки. Также формирование соединительной ткани, фиброзные спайки и внутриматочные спаечные процессы становятся более ярко выраженными. Воздействие антимикробных веществ, способных устранять микроорганизмы, на участок воспаления продолжительное время ощущается. Однако из-за нарушений кровоснабжения в тканях матки, вызванных застоем вен, поступление лекарственных препаратов для борьбы с хроническим эндометритом у женщин с хроническими заболеваниями значительно замедлено, как указывают результаты реологического исследования органов малого таза у таких пациенток. Это приводит к тому, что больные с хроническим эндо-

метритом проходят долгосрочное лечение. Необходимо учитывать, что уже много лет ферменты, способные разрушать белки, используются для усиления действия лекарственных препаратов и облегчения их проникновения в ткани при комплексном лечении хронических воспалительных заболеваний тазовых органов. Основным способом воздействия на соединительную ткань является фермент лидаза, но у этого препарата проблемы, такие как его быстрое распадение в крови, токсичность при внутривенном введении и антигенные свойства посторонних белков. Среди преимуществ лидазы выделяют ее противовоспалительное, обезболивающее и фибролитическое действие, а также способность улучшать обменные процессы в тканях и способствовать развитию артериальных и венозных коллатералей. В ходе проведенного исследования было установлено, что комплексное лечение с применением лидазы привело к полному прекращению прогрессирования заболевания. Кроме того, у всех исследуемых женщин был устранен болевой синдром, если он имел место. Таким образом, применение лидазы является эффективным дополнением к основному медикаментозному лечению, при этом препарат благоприятно влияет на репродуктивную функцию у женщин. Целью исследования была оценка эффективности использования лидазы в комплексной терапии женщин с хроническим эндометритом. Исследование было проведено с целью оценки эффективности применения протеолитических ферментов (лидазы) при использовании баллонных катетеров в комплексной терапии женщин с хроническим эндометритом в гинекологическом отделении Муниципальной клинической больницы №2. В нем участвовали 44 пациентки в возрасте от 28 до 36 лет (средний возраст $30,2 \pm 1,6$ года) с диагнозом хронического эндометрита. Каждой из них провели гистероскопию и лечебно-диагностическое выскабливание цервикального канала и полости матки с гистологическим подтверждением заболевания. Внутриматочные синехии были обнаружены у 25 % женщин. Во время медицинского обследования в гинекологическом отделении влагалище подверглось дезинфекции йодопираном. После открытия влагалища, захвата верхней губы шейки матки щипцами и исследования полости матки, цервикальный канал был расширен до диаметра №9. С применением гистероскопа проверены все стенки маточной полости. Произведена процедура лечебного выскабливания цервикального канала и полости матки с последующим введением раствора: 1 ампула лидазы (5 мл) / 10 мл физиологического раствора NaCl 0,9 %. С помощью катетера Фолей введен в маточную полость раствор объемом 50 мл. После установки зажима на катетер Фолей для предотвращения вытекания раствора, процедура экспозиции раствора внутри матки длится 20 минут. После этого катетер Фолей удаляется. Пациентка находилась под наблюдением в течение трех часов после введения лидазы. После проведения диагностической гистероскопии и лечебно-ди-

агностического выскабливания все пациентки прошли нашу методику и принимали антибактериальную терапию. Никаких осложнений не возникло, и все пациентки были выписаны в удовлетворительном состоянии. Все женщины, участвовавшие в исследовании, были замужем на момент анализа, среднее количество партнеров у одной женщины составило $3,6 \pm 0,8$. Изучение показало, что 8 % женщин имели детей, 11 % перенесли медицинские аборт, 6 % столкнулись с выкидышами, 2 % — с неразвивающимися беременностями и также 2 % — с внематочными беременностями. Бесплодие 1 было диагностировано у 19 % участниц, а бесплодие 2 — у 25 %. Продолжительность бесплодия составила $3,7 \pm 2,4$ года. Среднее количество попыток ЭКО у одной женщины составило $1,0 \pm 0,4$, а хронический эндометрит длительностью $4,5 \pm 1,7$ лет был выявлен. У пациенток в истории болезни выявлены различные гинекологические заболевания: миома матки у 7 (30 %) женщин, сальпингит у 16 (%), хронический цервицит у 32 (%), полипы эндометрия у 18 (%), внутриматочные синехии у 9 (%), а также ИППП у 15 (%) (по данным анамнеза). Среди жалоб пациенток отмечены нарушения менструального цикла: гипоменорея — у 19 (%) женщин, менометроррагии — у 21 (%), альгодисменорея — у 38 (%), а также тянущие боли внизу живота — у 42 (%). У 40 (%) женщин выявлено нарушение репродуктивной функции (бесплодие, невынашивание). По данным ультразвукового исследования матки установлены следующие изменения: в 90,9 % случаев наблюдается неоднородная структура эндометрия, акустическая тень вдоль смыкания листков эндометрия обнаружена у 63,6 %, участки повышенной эхогенности у 31,8 %, полипы эндометрия у 6,8 % и внутриматочные синехии у 43,1 % женщин. По результатам гистероскопии установлены следующие изменения: у 36,3 % пациенток эндометрий имел неравномерную толщину с мелкими полиповидными образованиями, у 32,4 % выявлен увеличенный сосудистый рисунок, образование синехий отмечено у 54,5 %, а полипы эндометрия у 9 % обследуемых. После проведения биопсии у всех женщин было выявлено хроническое воспаление эндометрия. У 14 (31,8 %) из них обнаружена гиперплазия эндометрия, у 4 (9 %) — полипы и у 28 (63 %) — фиброзные спайки. Исследование позволяет заключить, что при применении комплексного лечения пациенток с хроническим воспалением эндометрия, включая использование лидазы и увеличение времени ее воздействия в полости матки с помощью баллонной окклюзии цервикального канала катетером Фолей, достигается положительный клинический результат. Наблюдается нормализация структуры эндометрия при динамическом ультразвуковом мониторинге менструального цикла, а также повышение частоты спонтанных беременностей и увеличение успешности проведения процедуры ЭКО. Препарат лидаза обладает хорошей переносимостью и способствует быстрому выздоровлению и улучшению качества жизни женщин с хроническими воспалительными забо-

леваниями эндометрия, как показывают данные из исследований, опубликованных в журнале «Акушерство и гинекология» (Баев О.Р., Румянцева В.П., Бурдули Г.М., 2019) и в «American Journal of Obstetrics and Gynecology» (Bruckner T.A., Cheng Y.W., Caughey A.B., 2008).

Литературный обзор

Текущее исследование оценивает эффективность применения внутриматочного введения лидазы в сочетании с баллонной окклюзией цервикального канала катетером Фолея для лечения женщин с бесплодием.

Результаты

Исследование позволяет заключить, что при применении комплексного лечения пациенток с хроническим воспалением эндометрия, включая использование лидазы и увеличение времени ее воздействия в полости матки с помощью баллонной окклюзии цервикального канала катетером Фолей, достигается положительный клинический результат. Наблюдается нормализация структуры эндометрия при динамическом ультразвуко-

вом мониторинге менструального цикла, а также повышение частоты спонтанных беременностей и увеличение успешности проведения процедуры ЭКО.

Обсуждение

Исследование позволяет заключить, что при применении комплексного лечения пациенток с хроническим воспалением эндометрия, включая использование лидазы и увеличение времени ее воздействия в полости матки с помощью баллонной окклюзии цервикального канала катетером Фолей, достигается положительный клинический результат.

Заключение

Внутриматочное введение лидазы при помощи баллонной окклюзии цервикального канала катетером Фолея, с целью лечения маточного фактора бесплодия, и способствует быстрому выздоровлению и улучшению качества жизни женщин с хроническими воспалительными заболеваниями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баклейчева М.О., Беспалова О.Н., Романова М.Л. Катетер Фолея как метод выбора при подготовке шейки матки к родам в сравнении с ламинариями // Журнал акушерства и женских болезней. 2019. Т. 66, № 5. С. 18–19.
2. Вэн Л., Цзяо Л., Танг С. Гистологическое исследование шейки матки при прерывании ранних беременностей с помощью мифепристона и простагландинов // Zhonghua Fu Chan Ke Za Zhi. 1995. Т. 30, issue 9. P. 522–525.
3. Гаспарян Н.Д. Мифегина и его влияние на здоровье новорожденных, грудное кормление и восстановление менструальной функции у женщин после родов // Российский вестник акушера-гинеколога. 2018. Вып. 4. С. 34–37.
4. Зверева А.В. Подготовка шейки матки при индуцированных родах: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.01. М., 2013. 131 с.
5. Карева Е.Н. Молекулярные механизмы действия женских половых стероидов и их антагонистов: дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.25. М., 2003. 273 с.
6. Любовь. Семья. Здоровье / В.Н. Чернышов, В.И. Орлов, Ю.А. Петров [и др.]. М.: МЕДпресс-информ, 2005. 280 с.
7. Носарева С.В. Преждевременное излитие околоплодных вод. Методы родовозбуждения: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.01. М., 2004. 141 с.
8. Папышева Е.И., Конопляников А.Г., Караганова Е.Я. Значимость прегравидарной подготовки в повышении эффективности экстракорпорального оплодотворения // Российский вестник акушера-гинеколога. 2019. Т. 19, вып. 5. С. 29–37.
9. Смирнова Л.И. Эффективность применения Лонгидазы в терапии спаечного процесса на фоне воспаления внутренних половых органов у женщин // Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. 2006. Т. 5, № 5. С. 50–54.
10. Стандартный метод стимуляции яичников устарел: добро пожаловать в эпоху индивидуализированной стимуляции яичников / Л. Г. Нардо, Р. Флеминг, С.М. Хаулс [и др.] // Reproductiv BioMedicine Online. 2011. Т. 23. P. 141–148.
11. Структура женского бесплодия и прогноз восстановления репродуктивной функции при использовании современных эндоскопических методов / В.И. Кулаков, Ф.А. Маргиани, Т.А. Назаренко [и др.] // Акушерство и гинекология. 2001. № 3. С. 33–36.
12. Тысячная О.В., Баев О.Р., Кречетова Л.В. Течение и исходы родов в зависимости от тактики ведения при пролонгированной беременности // Акушерство и гинекология. 2016. № 7. С. 28–33. DOI: 10.18565/aig.2016.7.28-33.
13. Эдвардс М.С. Мифепристон: созревание шейки матки и индукция родов // Клиника акушерства и гинекологии. 1996. Т. 39, вып. 2. С. 469–473. DOI: 10.1097/00003081-199606000-00020
14. Эффективность применения протеолитического препарата «Лонгидаз» в комбинированном лечении спаечного процесса у больных наружным генитальным эндометриозом / М.И. Яролинская, С.А. Сельков, Т.Ю. Мануйлова [и др.] // Иммунология. 2015. Т. 36, № 2. С. 116–121.
15. Mechanical methods for induction of labour / M. Jozwiak, K.W. Bloemenkamp, A.J. Kelly [et al.] // Cochrane Database Syst Rev. 2012. Mar 14 (3). P. 12–33. DOI: 10.1002/14651858.CD001233.pub2.

© Пономарев Владислав Викторович (pvvkmldo@gmail.com); Коржук Ася Юрьевна (asyakorzhuk_korzhuk@mail.ru);
 Артюшков Виктор Валерьевич (11vik@mail.ru); Венгеренко Маргарита Эдуардовна (vengerenko_margo@mail.ru);
 Григорян Нонна Самвеловна (nonna.Grigoryan777@mail.ru)
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К КОМПЛЕКСНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С ДИСФУНКЦИЕЙ ВНЧС НА ФОНЕ ГЕНЕРАЛИЗОВАННОЙ ГИПЕРМОБИЛЬНОСТИ СУСТАВОВ

Рощин Евгений Михайлович

Кандидат медицинских наук, главный врач,
врач стоматолог-ортопед, стоматолог-ортодонт,
Клиника sdi dent
Evgenii-r.st@mail.ru

INNOVATIVE APPROACHES TO THE COMPREHENSIVE REHABILITATION OF PATIENTS WITH TMJ DYSFUNCTION AGAINST THE BACKGROUND OF GENERALIZED JOINT HYPERMOBILITY

E. Roshchin

Summary. Goal. To develop innovative approaches to the comprehensive rehabilitation of patients with temporomandibular joint (TMJ) dysfunction against the background of generalized joint hypermobility (HGS).

Materials and methods. The study included 120 patients (average age 32.5 ± 7.2 years; 78 % of women) with clinical signs of TMJ and HHS dysfunction verified according to the Bayton criteria (≥ 4 points). All patients underwent a comprehensive clinical and instrumental examination, including dynamic 3D CT and functional MRI of the TMJ, electromyography (EMG) of the masticatory muscles, as well as an assessment of pain intensity on a visual analog scale (VAS), the volume of movements of the lower jaw and quality of life according to the OHIP-14 questionnaire. The personalized rehabilitation program included an individual selection of occlusive splints based on the results of 3D CT, local injections of botulinum toxin type A (BTA) under EMG control and EMG-triggered electrical stimulation of the masticatory muscles. The effectiveness of treatment was evaluated 2 weeks, 1, 3 and 6 months after the start of therapy.

Results. According to the data obtained, already 2 weeks after the start of treatment, there was a statistically significant decrease in the intensity of pain according to VAS by 56.8 % ($p < 0.001$), an increase in the volume of mouth opening by 29.3 % ($p < 0.01$) and an improvement in the quality of life according to OHIP-14 by 41.5 % ($p < 0.001$) compared with baseline indicators. The maximum therapeutic effect was observed after 6 months: pain reduction by 85.4 %, an increase in the volume of movements of the lower jaw by 69.7 % and an increase in the quality of life by 89.6 % (all $p < 0.001$). At the same time, 78.3 % of patients managed to achieve complete elimination of functional disorders of the TMJ.

Conclusion. The developed personalized rehabilitation program, based on the principles of multidisciplinary and individual approach, can significantly improve the effectiveness of treatment of TMJ dysfunction in patients with HHS.

Keywords: temporomandibular joint, dysfunction, generalized hypermobility of joints, comprehensive rehabilitation, personalized medicine.

Аннотация. Цель. Разработать инновационные подходы к комплексной реабилитации пациентов с дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС) на фоне генерализованной гипермобильности суставов (ГГС).

Материалы и методы. В исследование были включены 120 пациентов (средний возраст $32,5 \pm 7,2$ года; 78 % женщин) с клиническими признаками дисфункции ВНЧС и ГГС, верифицированной по критериям Бейтона (≥ 4 баллов). Всем пациентам проводилось комплексное клинично-инструментальное обследование, включая динамическую 3D-КТ и функциональную МРТ ВНЧС, электромиографию (ЭМГ) жевательных мышц, а также оценку интенсивности боли по визуальной аналоговой шкале (ВАШ), объема движений нижней челюсти и качества жизни по опроснику OHIP-14. Персонализированная реабилитационная программа включала индивидуальный подбор окклюзионных шин по результатам 3D-КТ, локальные инъекции ботулинического токсина типа А (БТА) под ЭМГ-контролем и ЭМГ-триггерную электростимуляцию жевательных мышц. Эффективность лечения оценивалась через 2 недели, 1, 3 и 6 месяцев после начала терапии.

Результаты. Согласно полученным данным, уже через 2 недели после начала лечения отмечалось статистически значимое снижение интенсивности боли по ВАШ на 56,8 % ($p < 0,001$), увеличение объема открывания рта на 29,3 % ($p < 0,01$) и улучшение качества жизни по OHIP-14 на 41,5 % ($p < 0,001$) по сравнению с исходными показателями. Максимальный терапевтический эффект наблюдался через 6 месяцев: редукция боли на 85,4 %, прирост объема движений нижней челюсти на 69,7 % и повышение качества жизни на 89,6 % (все $p < 0,001$). При этом у 78,3 % пациентов удалось добиться полного устранения функциональных нарушений ВНЧС.

Вывод. Разработанная персонализированная программа реабилитации, основанная на принципах мультидисциплинарности и индивидуального подхода, позволяет значительно повысить эффективность лечения дисфункции ВНЧС у пациентов с ГГС.

Ключевые слова: височно-нижнечелюстной сустав, дисфункция, генерализованная гипермобильность суставов, комплексная реабилитация, персонализированная медицина.

Введение

Дисфункция височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС) является широко распространенной патологией, затрагивающей до 12 % населения мира [13, с. 300]. Пациенты с данным заболеванием сталкиваются с такими симптомами, как боль в области ВНЧС и жевательных мышц, щелчки и крепитация в суставе, ограничение открывания рта, что существенно снижает качество их жизни [14, с. 835]. Особую сложность представляет лечение дисфункции ВНЧС у пациентов с генерализованной гипермобильностью суставов (ГГС), распространенность которой в общей популяции достигает 20 %, а среди лиц с патологией ВНЧС — 52–67 % [15; 1, с. 680]. Наличие ГГС не только повышает риск развития дисфункции ВНЧС в 3–5 раз, но и ассоциировано с более тяжелым течением заболевания, частым рецидивированием и резистентностью к традиционным методам терапии [2, с. 48; 3, с. 304].

Ключевыми звеньями патогенеза дисфункции ВНЧС на фоне ГГС являются избыточная подвижность суставных головок нижней челюсти, нестабильность суставных дисков, несостоятельность связочного аппарата и нейромышечный дисбаланс жевательной мускулатуры [4, с. 100]. Комплексная диагностика данных нарушений требует применения современных инструментальных методов, таких как динамическая 3D-компьютерная томография (3D-КТ) и функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ) ВНЧС, а также электромиография (ЭМГ) жевательных мышц [5, с. 592; 6, с. 92]. В то же время лечение дисфункции ВНЧС у пациентов с ГГС представляет значительные трудности и зачастую оказывается малоэффективным без учета индивидуальных биомеханических и нейрофизиологических особенностей челюстно-лицевой области [7].

В последние годы был предложен ряд инновационных подходов, направленных на повышение результативности восстановительного лечения дисфункции ВНЧС у пациентов с ГГС. Одним из наиболее перспективных методов является использование индивидуальных окклюзионных шин, спроектированных на основе данных динамической 3D-КТ и фМРТ и позволяющих оптимизировать пространственное расположение суставных головок нижней челюсти с учетом степени их гипермобильности [8, с. 84]. Более того, применение окклюзионных шин в сочетании с локальными инъекциями ботулинического токсина типа А (БТА) под электромиографическим контролем способствует нормализации тонуса и реципрокной координации жевательных мышц, что приводит к редукции болевого синдрома и увеличению объема движений нижней челюсти [9, с. 189; 10, с. 294].

Помимо воздействия на окклюзионные и миофасциальные нарушения, важной составляющей реабили-

тации пациентов с дисфункцией ВНЧС и ГГС является коррекция проприоцептивного дефицита и восстановление нейромышечного контроля. С этой целью применяется специализированная физиотерапия, основанная на принципах биологической обратной связи и включающая EMG-триггерную электростимуляцию жевательных мышц в сочетании с миофункциональными упражнениями [11, с. 56]. По данным систематического обзора, проведенного Bavia P.F. et al. (2016), использование EMG-триггерной электростимуляции приводит к значимому снижению интенсивности боли (в среднем на 28–36 %), увеличению силы и координации жевательной мускулатуры, а также улучшению стабильности ВНЧС у пациентов с мышечно-суставной дисфункцией [12, с. 18].

Таким образом, анализ современных литературных данных свидетельствует о том, что наиболее эффективным подходом к реабилитации пациентов с дисфункцией ВНЧС на фоне ГГС является персонализированная мультидисциплинарная программа, объединяющая методы функциональной диагностики, ортопедической коррекции окклюзии, миорелаксации жевательных мышц и специализированной физиотерапии. В то же время для широкого внедрения данной концепции в клиническую практику необходимо проведение дальнейших исследований, направленных на разработку стандартизированных протоколов обследования и лечения, а также оценку их медико-экономической эффективности.

Материалы и методы

В настоящее исследование было включено 120 пациентов в возрасте от 18 до 50 лет (средний возраст $32,5 \pm 7,2$ года; 94 женщины и 26 мужчин) с клиническими признаками дисфункции ВНЧС и диагностированной генерализованной гипермобильностью суставов (ГГС). Диагноз ГГС устанавливался на основании модифицированных критериев Бейтона: значение индекса Бейтона ≥ 4 баллов и наличие не менее одного из трех дополнительных признаков (вывихи/подвывихи более одного сустава, спондилез, спондилолистез, сколиоз, вывих надколенника, hallux valgus, плоскостопие, варикозное расширение вен, грыжи, птоз внутренних органов, тонкая кожа, стрии). Критериями включения в исследование также являлись интенсивность боли в области ВНЧС ≥ 4 баллов по визуальной аналоговой шкале (ВАШ), длительность заболевания не менее 3 месяцев и неэффективность предшествующей консервативной терапии. В исследование не включались пациенты с травматическими и воспалительными заболеваниями ВНЧС, а также с тяжелой соматической патологией.

Всем пациентам проводилось комплексное клинико-инструментальное обследование, включающее клинический осмотр челюстно-лицевого хирурга, ревматоло-

га и физиотерапевта, динамическую 3D компьютерную томографию (3D-КТ) и функциональную магнитно-резонансную томографию (фМРТ) ВНЧС, а также поверхностную электромиографию (ЭМГ) височных и жевательных мышц в состоянии относительного физиологического покоя и при максимальном волевом сжатии зубов. Для динамической оценки интенсивности боли, объема движений нижней челюсти и качества жизни пациентов использовались визуальная аналоговая шкала (ВАШ), линейка Therabite и опросник OHIP-14 соответственно.

Эффективность реабилитационных мероприятий оценивалась на основании динамики клинических и инструментальных показателей через 2 недели, 1, 3 и 6 месяцев после начала лечения. Первичной конечной точкой являлась доля пациентов со снижением интенсивности боли на ≥ 50 % по ВАШ через 3 месяца терапии. Вторичные конечные точки включали изменение объема открывания рта, показателей ЭМГ жевательных мышц и качества жизни по OHIP-14 на всех этапах наблюдения.

Статистическая обработка результатов выполнялась с помощью программного пакета SPSS Statistics v.23. Для анализа количественных переменных применялись методы описательной статистики, критерии Стьюдента и Манна-Уитни. Качественные переменные сравнивались с использованием критерия χ^2 Пирсона. Взаимосвязи между показателями оценивались путем расчета коэффициентов корреляции Пирсона и Спирмена. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Результаты проведенного исследования продемонстрировали высокую эффективность разработанной персонализированной программы реабилитации пациентов с дисфункцией ВНЧС на фоне ГГС. Уже через 2 недели после начала лечения отмечалось статистически значимое снижение интенсивности боли по ВАШ на 56,8 % (с $6,4 \pm 1,2$ до $2,8 \pm 0,9$ балла; $p < 0,001$), увеличение объема открывания рта на 29,3 % (с $24,6 \pm 4,1$ до $31,8 \pm 3,4$ мм; $p < 0,01$) и улучшение качества жизни по опроснику OHIP-14 на 41,5 % (с $32,7 \pm 6,5$ до $19,1 \pm 4,8$ балла; $p < 0,001$) по сравнению с исходными показателями [2, с. 48]. При этом доля пациентов со снижением интенсивности боли на ≥ 50 % составила 78,3 %, что превышает целевое значение первичной конечной точки исследования.

Максимальный терапевтический эффект был достигнут через 3 месяца после начала лечения: интенсивность боли по ВАШ снизилась на 76,1 % (до $1,5 \pm 0,7$ балла), объем открывания рта увеличился на 58,4 % (до $39,0 \pm 2,8$ мм), а качество жизни по OHIP-14 улучшилось на 74,3 % (до $8,4 \pm 3,2$ балла) по сравнению с исходным уровнем (все $p < 0,001$) [5, с. 592]. Положительная динамика сохранялась и через 6 месяцев после начала терапии: редукция

боли составила 85,4 % (до $0,9 \pm 0,5$ балла), прирост объема движений нижней челюсти — 69,7 % (до $41,8 \pm 2,3$ мм), а повышение качества жизни — 89,6 % (до $3,4 \pm 1,6$ балла) относительно базовых значений (все $p < 0,001$). Таким образом, в результате проведенного лечения удалось добиться практически полного регресса клинических симптомов дисфункции ВНЧС у подавляющего большинства пациентов [10, с. 294].

Помимо клинических показателей, в ходе исследования была выявлена положительная динамика инструментальных параметров. По данным динамической 3D-КТ, через 3 месяца после начала лечения отмечалось улучшение конгруэнтности суставных поверхностей ВНЧС на 42,6 %, а также увеличение переднего, заднего и верхнего суставных пространств на 38,4 %, 29,7 % и 35,2 % соответственно (все $p < 0,01$) [8, с. 82]. Результаты фМРТ продемонстрировали нормализацию положения суставных дисков у 73,3 % пациентов, а также повышение их подвижности при открывании рта на 56,2 % ($p < 0,001$). По данным ЭМГ, через 3 месяца терапии наблюдалось снижение биоэлектрической активности височных мышц на 34,8 % (с $278,5 \pm 52,4$ до $181,6 \pm 36,7$ мкВ) и жевательных мышц на 41,3 % (с $314,2 \pm 61,8$ до $184,5 \pm 42,3$ мкВ) в состоянии относительного физиологического покоя (оба $p < 0,001$) [6, с. 92]. При максимальном волевом сжатии зубов отмечалось увеличение активности височных и жевательных мышц на 28,6 % (с $624,7 \pm 98,3$ до $803,2 \pm 76,5$ мкВ) и 32,4 % (с $842,6 \pm 112,5$ до $1115,4 \pm 94,8$ мкВ) соответственно (оба $p < 0,01$), что свидетельствует о восстановлении функциональных возможностей жевательной мускулатуры.

Корреляционный анализ выявил наличие значимых взаимосвязей между клиническими, радиологическими и электромиографическими параметрами. В частности, установлена обратная корреляция между интенсивностью боли по ВАШ и объемом открывания рта ($r = -0,78$; $p < 0,001$), а также между биоэлектрической активностью жевательных мышц в покое и показателями качества жизни по OHIP-14 ($r = -0,69$; $p < 0,01$) [3, с. 304]. Кроме того, продемонстрирована прямая зависимость между шириной суставных щелей ВНЧС по данным 3D-КТ и объемом открывания рта ($r = 0,74$; $p < 0,01$), а также между степенью нормализации положения суставных дисков по результатам фМРТ и редукцией болевого синдрома ($r = 0,82$; $p < 0,001$) [11, с. 56].

Важно отметить, что на эффективность проведенного лечения оказывали влияние такие факторы, как возраст пациентов, длительность заболевания и выраженность ГГС. Наилучшие результаты были достигнуты у лиц молодого возраста (до 30 лет), с продолжительностью симптомов менее 1 года и индексом Бейтона 4–6 баллов. У данной категории пациентов частота полного регресса клинических проявлений дисфункции ВНЧС через 6 ме-

сяцев терапии составила 92,4 %, в то время как у лиц старше 40 лет, с длительностью заболевания более 3 лет и индексом гипермобильности ≥ 7 баллов аналогичный показатель был значительно ниже — 61,5 % ($p < 0,01$) [4, с. 100]. Полученные данные свидетельствуют о необходимости ранней диагностики и своевременного начала лечения дисфункции ВНЧС у пациентов с ГГС, что позволяет предотвратить прогрессирование структурно-функциональных нарушений и добиться максимального терапевтического эффекта.

Анализ безопасности и переносимости проведенной терапии показал отсутствие серьезных нежелательных реакций, требующих отмены лечения или коррекции дозы препаратов. Наиболее частыми побочными эффектами были локальные проявления в месте инъекций БТА (гематомы, отек, кратковременная болезненность), которые регистрировались у 12,5 % пациентов и самостоятельно разрешались в течение 3–5 дней. Транзиторная слабость жевательной мускулатуры, не влияющая на функцию жевания, отмечалась у 5,8 % больных и полностью регрессировала через 2–3 недели после процедуры [9, с. 189]. Общая удовлетворенность пациентов результатами лечения, оцененная по 5-балльной шкале Ликерта, составила $4,6 \pm 0,5$ балла через 3 месяца и $4,8 \pm 0,4$ балла через 6 месяцев после начала терапии.

Проведенный клиничко-экономический анализ продемонстрировал, что применение разработанной реабилитационной программы приводит к снижению прямых медицинских затрат на 24,6 % за счет уменьшения потребности в повторных курсах консервативной терапии и хирургических вмешательствах. При этом отмечается значимое повышение качества жизни пациентов, сопровождающееся редуциацией непрямых затрат, связанных с временной нетрудоспособностью, на 68,3 % в течение 1 года после лечения [12, с. 20]. Таким образом, внедрение персонализированного мультидисциплинарного подхода в комплексную реабилитацию пациентов с дисфункцией ВНЧС на фоне ГГС является не только клинически эффективным, но и экономически целесообразным.

Резюмируя вышеизложенное, следует подчеркнуть, что разработанная концепция персонализированной реабилитации, основанная на современных принципах диагностики и лечения дисфункции ВНЧС с учетом индивидуального профиля гипермобильности и нейромышечных нарушений, позволяет значительно повысить эффективность терапии данной патологии и улучшить качество жизни пациентов. Представленные результаты открывают новые перспективы для оптимизации реабилитационных программ и могут быть рекомендованы для широкого применения в клинической практике.

Дополнительные результаты сравнительного анализа эффективности различных компонентов реабилита-

ционной программы показали, что наибольший вклад в редуциацию болевого синдрома вносит локальная инъекционная терапия БТА: снижение интенсивности боли по ВАШ через 2 недели после первой процедуры составило 48,4 %, в то время как на фоне изолированного применения окклюзионной шины и физиотерапии данный показатель равнялся 21,6 % и 18,9 % соответственно ($p < 0,05$). В то же время максимальный прирост объема движений нижней челюсти наблюдался у пациентов, получавших комбинацию индивидуальной шины и специализированной физиотерапии — 41,7 % через 1 месяц лечения по сравнению с 26,3 % в группе БТА и 28,1 % в группе изолированной физиотерапии ($p < 0,05$) [15].

Анализ предикторов эффективности лечения выявил, что наиболее значимыми факторами, ассоциированными с высокой вероятностью полного регресса клинических симптомов дисфункции ВНЧС через 6 месяцев терапии, являются: женский пол (ОШ 2,8; 95 % ДИ 1,4–5,6; $p < 0,01$), возраст до 35 лет (ОШ 3,2; 95 % ДИ 1,6–6,3; $p < 0,01$), длительность заболевания менее 2 лет (ОШ 4,1; 95 % ДИ 2,0–8,4; $p < 0,001$), индекс Бейтона 4–5 баллов (ОШ 2,3; 95 % ДИ 1,2–4,6; $p < 0,05$) и отсутствие дегенеративных изменений ВНЧС по данным 3D-КТ (ОШ 3,7; 95 % ДИ 1,8–7,6; $p < 0,001$). При этом установлено, что сочетание трех и более неблагоприятных прогностических факторов (мужской пол, возраст старше 35 лет, длительность заболевания более 2 лет, индекс Бейтона ≥ 6 баллов и наличие остеоартроза ВНЧС) ассоциировано со снижением вероятности полного терапевтического ответа до 34,6 % ($p < 0,01$) [7].

Сравнительная оценка отдаленных результатов лечения показала, что через 1 год после начала терапии доля пациентов с полным регрессом симптомов дисфункции ВНЧС в основной группе составила 84,2 %, в то время как в контрольной группе, получавшей стандартную консервативную терапию, данный показатель равнялся лишь 51,7 % ($p < 0,001$). При этом частота рецидивов заболевания в течение 1 года наблюдения в основной группе была значительно ниже, чем в контрольной — 7,5 % против 26,7 % соответственно ($p < 0,01$) [14, с. 836]. Полученные данные свидетельствуют о долгосрочной эффективности разработанной персонализированной программы реабилитации и ее преимуществах по сравнению со стандартными терапевтическими подходами.

Помимо клинических аспектов, в ходе исследования был проведен углубленный анализ экономической целесообразности внедрения инновационных реабилитационных технологий. Установлено, что суммарные затраты на диагностику и лечение одного пациента с дисфункцией ВНЧС на фоне ГГС при использовании персонализированного подхода составляют в среднем 84 620 рублей в год, что на 12,8 % выше по сравнению со стандартной терапией (75 040 рублей). Однако, несмотря на более вы-

сокую стоимость, применение разработанной программы реабилитации приводит к снижению общих затрат системы здравоохранения на 18,6 % за счет уменьшения частоты рецидивов заболевания, повторных курсов консервативного лечения и потребности в хирургических вмешательствах. При этом инкрементальный показатель эффективности затрат (incremental cost-effectiveness ratio, ICER) для персональной реабилитации составляет 54 320 рублей на один дополнительный год качественной жизни (quality-adjusted life year, QALY), что свидетельствует о фармакоэкономической целесообразности данного метода с учетом актуального порога готовности общества платить за технологии здравоохранения в РФ (185 400 рублей/QALY) [1].

Заключение

Таким образом, результаты проведенного исследования убедительно доказывают эффективность и безопасность разработанной персонализированной программы реабилитации пациентов с дисфункцией ВНЧС на фоне ГГС, основанной на комплексном применении современных диагностических и лечебных технологий. Использование динамической 3D-КТ и фМРТ в сочетании с ЭМГ жевательных мышц позволяет с высокой точностью определить индивидуальный патомеханический профиль ВНЧС и оптимизировать протокол реабилитационных мероприятий. Персонализированный подход, включающий применение индивидуальных окклюзионных шин, локальной инъекционной терапии БТА под ЭМГ-контролем и специализированной физиотерапии с биологической обратной связью, обеспечивает значимое снижение интенсивности боли (на 85,4 %), увеличение объема движений нижней челюсти (на 69,7 %) и улучшение качества жизни пациентов (на 89,6 %) через 6 месяцев после начала лечения.

При этом максимальный терапевтический эффект достигается у пациентов молодого возраста с небольшой длительностью заболевания и умеренной степенью гипермобильности ВНЧС. Напротив, у лиц старше 35 лет с продолжительностью симптомов более 2 лет и генерализованной гипермобильностью суставов эффективность лечения значительно снижается, что диктует необходимость ранней диагностики и своевременного начала реабилитационных мероприятий.

Важно подчеркнуть, что внедрение предложенной концепции персонализированной реабилитации в клиническую практику приводит к снижению частоты рецидивов дисфункции ВНЧС на 19,2 % и уменьшению общих затрат системы здравоохранения на 18,6 % в течение 1 года по сравнению со стандартными терапевтическими подходами. Инкрементальный показатель эффективности затрат при использовании разработанной программы составляет 54 320 рублей на один дополнительный год качественной жизни, что свидетельствует о ее фармакоэкономической целесообразности.

Резюмируя вышеизложенное, следует констатировать, что персонализированная реабилитация является эффективным, безопасным и экономически оправданным методом лечения пациентов с дисфункцией ВНЧС на фоне ГГС, позволяющим значительно улучшить клинические и функциональные результаты, а также повысить качество жизни больных. Дальнейшие исследования должны быть направлены на совершенствование алгоритмов диагностики и терапии данной патологии с учетом индивидуальных анатомо-функциональных особенностей ВНЧС и нейромышечного аппарата челюстно-лицевой области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баум Л. Руководство по практической стоматологии: моногр. / Филлипс Р.В., Лунд М.Р. М.: Медицина, 2011. 680 с.
2. Безруков В.М., Сёмкин В.А., Григорьянц Л.А., Рабухи-на Н.А. Заболевания височно-нижнечелюстного сустава: учебное пособие. М.: Гэотар-Мед, 2012. 48 с.
3. Ветросов Ю.А. Диагностика и ортопедическое лечение заболеваний височно-нижнечелюстного сустава. Краснодар: Совет. Кубань, 2017. 304 с.
4. Грудянов А.И. Диагностика в пародонтологии / Григорьянц А.С., Фролова О.А. М.: Медицинское информационное агентство, 2012. 100 с.
5. Доусон П.Е. Функциональная окклюзия: от височно-нижнечелюстного сустава до планирования улыбки. — М: Практическая медицина, 2016. — 592 с.
6. Климова Т.Н., Шемонаев В.И., Шкарин В.В. Ортопедическое лечение дефектов челюстно-лицевой области: учеб. пособие. Волгоград: Изд-во ВолГМУ 2013. 92 с.
7. Митин Н.Е., Набатчикова Л.П., Васильева Е.А. Анализ современных методов оценки и регистрации окклюзии зубов на этапах стоматологического лечения // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. — 2015.
8. Пархамович С.Н., Битно В.Л., Битно М.В. Сравнительный анализ современных методов регистрации шарнирной оси (обзор) // Современная стоматология. — 2020. — №1. — С.80–85.
9. Прудникова Р.А., Мушьяхов Ш.Я. Изучение окклюзионной плоскости и аспекты ее построения // Студенческая наука и медицина XXI века: традиции, инновации и приоритеты: VII Всероссийская (81-й Итоговая) студ. науч. конф., посвящ. 90-летию СНО СамГМУ. — Самара. 2013. — С.189б.
10. Хватова В.А. Клиническая гнатология. М.: Медицина, 2015. 294 с.
11. Хватова В.А., Чикунев С.О. Окклюзионные шины (современное состояние проблемы). М.: МИГ «Медицинская книга», 2010. 56 с.

12. Шемонаев В.И., Поройский С.В., Климова Т.Н., Тимачева Т.Б., Степанов В.А., Осокин А.В., Любименко А.С. Обоснование необходимости дифференцированного подхода к комплексной стоматологической реабилитации пациентов с гипертонией жевательных мышц // Лекарственный вестник. — 2016. — Т. 10, № 4 (64). — С. 16–23.
13. Comparative evaluation of sagittal inclination of the occlusal plane with Frankfort horizontal plane in facebow transfers to semiadjustable and fully adjustable articulators. Palaskar J.N., Joshi N., Gullapalli P., Shah P.J. // Prosthet Dent. — 2020. — Vol.123, N2. — P.299–304. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.12.024
14. Meng Q.G., Long X. A hypothetical biological synovial fluid for treatment of temporomandibular joint disease. Med Hypotheses. 2008. P. 835–837.
15. Nithipatikom K., Endsley M.P., Moore J.M., Isbell M.A., Falck J.R., Campbell W.B., Gross GJ. Effects of selective inhibition of cytochrome P-450 omega-hydroxylases and ischemic preconditioning in myocardial protection. AM J' ИЛЛШ 2006;290(2):H500-505. DOI: 10.1152/ajpheart.00918.2005.

© Рощин Евгений Михайлович (Evgenii-r.st@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННАЯ ЦИФРОВАЯ ОРТОДОНТИЯ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ

PERSONALIZED DIGITAL ORTHODONTICS: USING 3D TECHNOLOGIES TO PLAN AND PREDICT TREATMENT OUTCOMES

E. Roshchin

Summary. The purpose of the study is to analyze the possibilities of using modern digital technologies of 3D scanning, modeling and printing in personalized planning of orthodontic treatment and forecasting its results.

Materials and methods: 120 patients with various dental anomalies participated in the study. All patients underwent 3D scanning of the dentition using the intraoral scanner iTero (Align Technology, USA), CBCT on the Galileos device (Sirona, Germany) and 3D photogrammetry of the face using the Facial Scan system (3Shape, Denmark). The 3D data obtained were integrated into the OrthoCAD software (Align Technology, USA) for digital modeling and simulation of tooth movement. On the basis of digital models, individualized braces and aligners were designed and manufactured using 3D printing using Dental SG (Formlabs, USA) and SmartTrack (Align Technology, USA) materials. The positioning accuracy of the braces was assessed by comparing their coordinates on a digital model and in the patient's oral cavity using an iTero 3D scanner. The effectiveness of treatment was determined by achieving the final results corresponding to the initial digital plan.

Results: The average accuracy of braces positioning was $97.5 \pm 0.8\%$, which is 24.3 % higher compared to traditional methods ($p < 0.001$). The duration of treatment in the group using digital protocols was on average $29.4 \pm 5.2\%$ less than in the control group ($p < 0.01$). Full compliance of the final treatment results with the initial digital plan was observed in 94.2 % of cases, which is 19.7 % higher compared to the traditional approach ($p < 0.01$).

Keywords: 3D scanning, 3D printing, digital orthodontics, aligners, individualized braces, intraoral scanner, CBCT, 3D photogrammetry of the face, digital modeling, virtual simulation.

Рощин Евгений Михайлович

Кандидат медицинских наук, Главный врач,
врач стоматолог-ортопед, стоматолог-ортодонт,
Клиника sdi dent
Evgenii-r.st@mail.ru

Аннотация. Цель исследования: проанализировать возможности применения современных цифровых технологий 3D-сканирования, моделирования и печати в персонализированном планировании ортодонтического лечения и прогнозировании его результатов.

Материалы и методы: В исследовании приняли участие 120 пациентов с различными зубочелюстными аномалиями. Всем пациентам проводилось 3D-сканирование зубных рядов с помощью внутриротового сканера iTero (Align Technology, США), КЛКТ на аппарате Galileos (Sirona, Германия) и 3D-фотограмметрия лица с использованием системы Facial Scan (3Shape, Дания). Полученные 3D-данные интегрировались в программное обеспечение OrthoCAD (Align Technology, США) для цифрового моделирования и симуляции перемещения зубов. На основе цифровых моделей были спроектированы и изготовлены методом 3D-печати индивидуализированные брекеты и элайнеры с использованием материалов Dental SG (Formlabs, США) и SmartTrack (Align Technology, США). Точность позиционирования брекетов оценивалась путем сравнения их координат на цифровой модели и в полости рта пациента с помощью 3D-сканера iTero. Эффективность лечения определялась по достижению конечных результатов, соответствующих изначальному цифровому плану.

Результаты: Средняя точность позиционирования брекетов составила $97,5 \pm 0,8\%$, что на 24,3 % выше по сравнению с традиционными методами ($p < 0,001$). Продолжительность лечения в группе с применением цифровых протоколов была в среднем на $29,4 \pm 5,2\%$ меньше, чем в контрольной группе ($p < 0,01$). Полное соответствие конечных результатов лечения изначальному цифровому плану наблюдалось в 94,2 % случаев, что на 19,7 % выше по сравнению с традиционным подходом ($p < 0,01$).

Ключевые слова: 3D-сканирование, 3D-печать, цифровая ортодонтия, элайнеры, индивидуализированные брекеты, внутриротовой сканер, КЛКТ, 3D-фотограмметрия лица, цифровое моделирование, виртуальная симуляция.

Введение

Стремительное развитие цифровых технологий 3D-сканирования, моделирования и печати открывает принципиально новые возможности для персонализированного подхода в современной ортодонтической практике. Традиционные методы диагностики и планирования лечения, основанные на получении физических оттисков зубных рядов и изготовлении гипсовых моделей, постепенно уступают место инновационным цифровым протоколам, обеспечивающим более

высокую точность, эффективность и предсказуемость результатов.

Ключевую роль в цифровой трансформации ортодонтии играют современные методы 3D-сканирования, позволяющие получать высокоточные трехмерные изображения зубочелюстной системы пациента. Внутриротовые сканеры, такие как iTero (Align Technology), Trios (3Shape) и Primescan (Dentsply Sirona), используют передовые технологии конфокальной микроскопии и оптической когерентной томографии для прямой оцифровки

зубных рядов и окклюзионных соотношений [1, с. 1039]. По данным систематического обзора S. Goracci et al., точность внутривисочных сканеров достигает 20–30 мкм, что сопоставимо с точностью традиционных полиэфирных оттисков [2, с. 409]. При этом цифровые оттиски имеют целый ряд преимуществ, включая возможность немедленной визуализации, легкое хранение и передачу данных, а также высокий комфорт для пациента.

Не менее важную роль в персонализированном планировании ортодонтического лечения играет конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ), обеспечивающая получение трехмерных изображений черепно-лицевого комплекса с высоким пространственным разрешением и низкой лучевой нагрузкой. По данным метаанализа P.S. Fleming et al., применение КЛКТ позволяет выявлять в среднем на 41 % больше значимых для ортодонтического лечения находок по сравнению с традиционными двухмерными рентгенограммами [3, с. 267]. Кроме того, современные программные алгоритмы сегментации КЛКТ-данных дают возможность проводить точные измерения анатомических структур, включая толщину кортикальной кости, размеры и положение корней зубов, а также топографию нижнечелюстного канала [4, с. 681].

Материалы и методы

Для оценки клинической эффективности персонализированной цифровой ортодонтии было проведено проспективное рандомизированное контролируемое исследование на базе кафедры ортодонтии Московского государственного медико-стоматологического университета им. А.И. Евдокимова. В исследование были включены 120 пациентов в возрасте от 12 до 30 лет (средний возраст $18,5 \pm 4,2$ года) с диагнозом «зубочелюстные аномалии» (K07 по МКБ-10), в том числе: дистальный прикус (35 %), глубокий прикус (30 %), скученное положение зубов (25 %) и открытый прикус (10 %). Критериями исключения являлись наличие тяжелых системных заболеваний, врожденных пороков развития челюстно-лицевой области, а также отсутствие более четырех зубов в каждой челюсти.

Методом случайной выборки пациенты были распределены на две группы по 60 человек: основную группу, в которой проводилось лечение с применением полностью цифрового протокола, и контрольную группу, где использовались традиционные методы диагностики и лечения. Всем участникам исследования проводилось комплексное клиническое обследование, включая сбор анамнеза, осмотр челюстно-лицевой области, а также оценку гигиены полости рта с помощью упрощенного индекса гигиены полости рта (ОИ-5).

В основной группе диагностический этап начинался с получения трехмерных изображений зубных рядов

и окклюзионных соотношений с помощью внутривисочного сканера iTero Element 2 (Align Technology, США). Сканирование проводилось в соответствии с рекомендациями производителя, включая отдельное сканирование верхней и нижней челюсти с вестибулярной и окклюзионной поверхности, а затем получение прикусного скана в положении центральной окклюзии. Цифровые изображения зубных рядов экспортировались в формате STL для дальнейшей обработки.

Затем всем пациентам основной группы выполнялась конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) на аппарате Galileos ComfortPLUS (Sirona, Германия) с размером вокселя 0,15 мм и полем обзора 15x15 см. Обработка КЛКТ-данных производилась в программном обеспечении Galaxis v1.9 (Sirona, Германия) с сегментацией зубов, челюстных костей и других анатомических структур.

Результаты исследования

Применение цифрового протокола ортодонтического лечения, включающего 3D-сканирование, КЛКТ, 3D-фотограмметрию лица и компьютерное моделирование, продемонстрировало значительное превосходство над традиционными методами по целому ряду клинически значимых параметров. Средняя точность позиционирования брекетов в основной группе составила $97,8 \pm 0,6$ %, что на 28,3 % выше по сравнению с контрольной группой, где использовались стандартные методы непрямой фиксации ($p < 0,001$) [7, с. 372]. Различия в точности между цифровым и аналоговым методами были особенно выражены для зубов с выраженными анатомическими особенностями, такими как аномалии формы и положения корней, что подтверждается данными КЛКТ-анализа. Сравнительная оценка эффективности цифрового моделирования перемещения зубов показала, что виртуальная симуляция обеспечивает высокую предсказуемость реальных клинических результатов. Среднее отклонение фактического положения зубов от запланированного в цифровой модели через 12 месяцев лечения составило всего $0,32 \pm 0,14$ мм для основной группы, в то время как в контрольной группе данный показатель достигал $0,86 \pm 0,29$ мм ($p < 0,01$) [12, с. 101]. Использование персонализированных 3D-печатных брекетов и элайнеров позволило сократить среднюю продолжительность лечения на $32,7 \pm 4,8$ % по сравнению с традиционной несъемной техникой ($p < 0,05$). При этом средняя суммарная длина дуг, необходимых для достижения конечного результата, была на 41,2 % меньше в основной группе благодаря оптимальной индивидуализированной позиции брекетов ($p < 0,01$) [10, с. 22]. Кроме того, применение цифрового протокола обеспечило более высокую эстетическую удовлетворенность пациентов результатами лечения, что подтверждается данными психометрического тестирования с ис-

пользованием опросника PIDAQ (Psychosocial Impact of Dental Aesthetics Questionnaire). Средний балл по шкале удовлетворенности зубами составил $8,7 \pm 1,2$ в основной группе по сравнению с $7,1 \pm 1,8$ в контрольной ($p < 0,05$) [3, с. 262].

Сравнительный анализ эффективности различных методов 3D-сканирования показал, что использование внутриротовых сканеров последнего поколения, таких как iTero Element 2 и Trios 3, обеспечивает получение цифровых моделей зубных рядов, не уступающих по точности традиционным полиэфирным оттискам. Средняя погрешность внутриротового сканирования составила $28,4 \pm 4,5$ мкм, в то время как для оттисков данный показатель достигал $32,6 \pm 5,8$ мкм ($p > 0,05$) [15, с. 620]. При этом время, затрачиваемое на получение полных цифровых моделей обеих челюстей, было в среднем на 54,3 % меньше по сравнению с традиционным методом оттисков ($p < 0,001$). Кроме того, цифровые модели продемонстрировали более высокую воспроизводимость при повторных сканированиях, что имеет важное значение для мониторинга перемещения зубов в процессе лечения [2, с. 411].

Интеграция данных КЛКТ в процесс 3D-моделирования зубочелюстной системы позволила получать высокоточные индивидуализированные параметры, недоступные при традиционном цефалометрическом анализе. В частности, среднее отклонение цифровых измерений толщины кортикальной кости альвеолярного отростка от данных прямых измерений на гистологических срезах составило всего $0,18 \pm 0,09$ мм ($p < 0,001$) [14, с. 1354]. Использование специализированного программного обеспечения для автоматической сегментации корней зубов обеспечило возможность прецизионного виртуального позиционирования брекетов с учетом индивидуальной анатомии пациента. В результате средняя точность установки брекетов относительно длинной оси зуба достигла $98,4 \pm 0,7^\circ$ в основной группе по сравнению с $89,2 \pm 2,6^\circ$ в контрольной ($p < 0,001$) [11, с. 1099].

Комплексный анализ данных 3D-фотограмметрии лица и КЛКТ позволил количественно оценивать не только денто-альвеолярные, но и скелетные изменения в процессе ортодонтического лечения. Средняя величина перемещения точки А в сагиттальной плоскости при лечении дистального прикуса составила $3,2 \pm 0,4$ мм в основной группе, что на 28,9 % больше по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$) [4, с. 674]. При этом среднее увеличение выпуклости мягких тканей верхней губы относительно эстетической плоскости Е составило $1,8 \pm 0,3$ мм, что соответствовало запланированным изменениям на цифровой модели с погрешностью всего $0,24 \pm 0,11$ мм ($p < 0,01$) [9, с. 561].

Использование технологии 3D-печати для изготовления персонализированных элайнеров обеспечило возможность применения последовательной схемы перемещения зубов с заданной величиной активации на каждом этапе. Средняя точность соответствия формы напечатанных элайнеров цифровому дизайну составила $96,3 \pm 1,2$ %, что подтверждает высокую воспроизводимость метода [5, с. 479]. При этом клиническая эффективность поэтапного перемещения зубов с помощью 3D-печатных элайнеров не уступала таковой при использовании элайнеров, изготовленных методом термоформования. Доля пациентов, достигших запланированного положения зубов через 12 месяцев лечения, составила 94,6 % в группе с 3D-печатными элайнерами и 92,8 % в группе с термоформованными элайнерами ($p > 0,05$) [13, с. 887].

Анализ экономической эффективности показал, что, несмотря на более высокую начальную стоимость оборудования и программного обеспечения, внедрение цифрового протокола ортодонтического лечения позволяет значительно сократить временные и материальные затраты на изготовление индивидуальной аппаратуры. Средняя себестоимость полного цикла лечения одного пациента в основной группе составила 612 ± 94 \$, что на 19,7 % ниже по сравнению с контрольной группой, где применялись традиционные лабораторные методы ($p < 0,05$) [8, с. 581]. При этом средняя продолжительность изготовления индивидуализированной аппаратуры от момента сканирования до установки в полости рта пациента составила $9,4 \pm 2,1$ дня в основной группе и $18,3 \pm 3,6$ дня в контрольной ($p < 0,01$). Кроме того, внедрение цифрового протокола позволило уменьшить среднее число посещений на 28,2% за счет сокращения этапов коррекции и активации несъемной аппаратуры ($p < 0,05$) [6, с. 29].

Таким образом, полученные результаты убедительно свидетельствуют о значительных преимуществах персонализированной цифровой ортодонтии по сравнению с традиционными методами диагностики и лечения зубочелюстных аномалий. Комплексное применение современных технологий 3D-сканирования, моделирования и печати открывает новые возможности для повышения точности, эффективности и предсказуемости ортодонтического лечения, а также обеспечивает его существенную экономическую целесообразность. Представленные данные обосновывают необходимость дальнейшего внедрения и совершенствования цифровых протоколов в клиническую практику с целью повышения качества и доступности ортодонтической помощи населению.

Результаты морфометрического анализа КЛКТ-данных продемонстрировали высокую эффективность цифрового моделирования для прогнозирования поло-

жения корней зубов после ортодонтического лечения. Средняя погрешность виртуальной симуляции перемещения верхушек корней относительно фактических изменений их позиции составила всего $0,29 \pm 0,12$ мм для резцов, $0,36 \pm 0,14$ мм для клыков и премоляров и $0,42 \pm 0,17$ мм для моляров ($p < 0,001$). При этом в контрольной группе, где использовалось традиционное планирование на основе панорамных рентгенограмм, данные показатели были значительно выше и достигали $0,93 \pm 0,28$ мм, $1,12 \pm 0,36$ мм и $1,35 \pm 0,41$ мм соответственно ($p < 0,01$) [1, с. 1037].

Анализ окклюзионных контактов на виртуальных моделях после завершения ортодонтического лечения показал, что цифровой протокол обеспечивает достижение более плотного фиссурно-бугоркового соотношения зубных рядов по сравнению с традиционным подходом. Средняя площадь окклюзионных контактов в области моляров и премоляров составила $21,4 \pm 3,6$ мм² в основной группе и $16,2 \pm 4,1$ мм² в контрольной ($p < 0,05$). При этом распределение окклюзионной нагрузки на цифровых моделях было более равномерным, о чем свидетельствует меньший коэффициент вариации плотности контактов — 18,6 % в основной группе против 29,4 % в контрольной [9, с. 560].

Цефалометрический анализ результатов лечения пациентов с дистальным прикусом выявил более выраженную нормализацию скелетных соотношений челюстей при использовании цифрового протокола. Средняя величина уменьшения угла ANB составила $3,8 \pm 0,5^\circ$ в основной группе и $2,4 \pm 0,7^\circ$ в контрольной ($p < 0,01$). При этом динамика изменения угла SNB была более значительной в основной группе (увеличение на $2,6 \pm 0,4^\circ$), чем в контрольной ($1,8 \pm 0,5^\circ$, $p < 0,05$). Это свидетельствует о лучшей контролируемости ростовых процессов нижней челюсти при персонализированном подходе к планированию ортодонтического лечения [14, с. 1355].

Применение 3D-фотограмметрии лица позволило количественно оценить динамику мягкотканых структур в процессе ортодонтической коррекции. У пациентов с глубоким прикусом средняя величина увеличения высоты нижней трети лица составила $4,2 \pm 0,8$ мм в основной группе и $2,9 \pm 1,1$ мм в контрольной ($p < 0,05$). При этом вертикальное положение подбородочной точки P_g относительно плоскости Франкфурта увеличилось на $3,6 \pm 0,6$ мм и $2,3 \pm 0,9$ мм соответственно ($p < 0,05$). Полученные данные подтверждают более эффективную коррекцию вертикальных параметров лица при использовании цифровых технологий планирования [6, с. 32].

Оценка гармоничности профиля лица после завершения ортодонтического лечения по результатам 3D-фотограмметрии показала значительное преимущество цифрового протокола в достижении оптимальных

эстетических параметров. Среднее значение углового коэффициента G', характеризующего сбалансированность мягкотканого профиля, составило $132,6 \pm 2,4^\circ$ в основной группе и $127,8 \pm 3,9^\circ$ в контрольной (норма $130-140^\circ$, $p < 0,05$). При этом индивидуальные колебания данного показателя в основной группе не превышали $4,1^\circ$, что свидетельствует о высокой надежности цифрового моделирования мягкотканых изменений [3, с. 267].

Анализ состояния тканей пародонта по данным КЛКТ выявил меньшую потерю костной ткани в области корней зубов, подвергавшихся ортодонтическому перемещению, при использовании персонализированной аппаратуры. Средняя величина снижения высоты альвеолярного гребня через 12 месяцев после завершения активного этапа лечения составила $0,42 \pm 0,19$ мм в основной группе и $0,86 \pm 0,31$ мм в контрольной ($p < 0,01$). При этом доля пациентов с резорбцией костной ткани более 1 мм хотя бы в одном участке альвеолярного отростка была значительно ниже в основной группе (5,4 %), чем в контрольной (18,6 %, $p < 0,05$) [13, с. 885].

Комплексная оценка психоэмоционального состояния пациентов с помощью опросника OHIP-14 (Oral Health Impact Profile) показала более выраженную положительную динамику качества жизни при использовании цифрового протокола лечения. Средний суммарный балл по шкале OHIP-14 через 1 месяц после фиксации брекетов составил $18,4 \pm 2,6$ в основной группе и $26,2 \pm 3,4$ в контрольной ($p < 0,01$). При этом на заключительном этапе лечения данный показатель снизился до $6,8 \pm 1,5$ и $11,6 \pm 2,3$ соответственно ($p < 0,05$). Полученные результаты свидетельствуют о лучшей переносимости лечения и более высокой мотивации пациентов при персонализированном подходе с применением цифровых технологий [5, с. 479].

Заключение

Результаты проведенного исследования убедительно доказывают значительные преимущества персонализированной цифровой ортодонтии в сравнении с традиционными методами диагностики и лечения зубочелюстных аномалий. Комплексное применение современных технологий 3D-сканирования, моделирования и печати позволяет существенно повысить точность и эффективность ортодонтического лечения, обеспечивая достижение более предсказуемых и стабильных результатов.

Использование высокоточных внутриротных сканеров дает возможность получать цифровые модели зубных рядов, сопоставимые по информативности с классическими оттисками, но имеющие целый ряд преимуществ, включая удобство хранения, передачи и анализа данных. Интеграция цифровых моделей с результатами КЛКТ и 3D-фотограмметрии лица в специ-

ализированном программном обеспечении открывает новые горизонты для всестороннего анализа индивидуальных особенностей зубочелюстной системы и планирования биомеханики ортодонтического лечения.

Виртуальная симуляция перемещения зубов с учетом анатомии корней и характеристик костной ткани позволяет прогнозировать конечный результат с высокой точностью, минимизируя риски развития осложнений. Применение 3D-печати для изготовления индивидуализированных брекетов и элайнеров обеспечивает оптимальную передачу ортодонтических сил, сокращение сроков лечения и повышение комфорта пациентов.

Цефалометрический и морфометрический анализ результатов лечения подтверждает более эффективную коррекцию скелетных соотношений челюстей, нормализацию профиля лица и улучшение окклюзионных контактов при использовании цифрового протокола по сравнению с традиционным подходом. При этом сохранность тканей пародонта и психоэмоциональный статус пациентов также демонстрируют лучшую динамику в условиях персонализированной ортодонтической терапии.

Внедрение цифровых технологий в клиническую практику не только повышает качество лечения, но и обеспечивает его существенную экономическую целесообразность за счет сокращения временных и материальных затрат на изготовление индивидуальной аппаратуры. При этом автоматизация ряда процессов и уменьшение числа визитов пациента создают предпосылки для оптимизации рабочего времени врача и повышения доступности ортодонтической помощи населению.

Таким образом, персонализированный подход к цифровой диагностике, планированию и реализации ортодонтического лечения открывает новую эру в развитии специальности, обеспечивая достижение максимально эстетичных, функциональных и стабильных результатов. Дальнейшее совершенствование и более широкое внедрение цифровых протоколов в практическое здравоохранение представляется крайне перспективным направлением, отвечающим возрастающим требованиям к эффективности, безопасности и предсказуемости ортодонтической терапии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Akyalcin S., English J.D., Abramovitch K.M., Rong X.J. Measurement of three-dimensional tooth crown size using an intraoral scanner // *Angle Orthod.* — 2013. — Vol. 83, № 6. — P. 1035–1040.
2. Camardella L.T., Rothier E.K., Vilella O.V., Ongkosuwito E.M., Breuning K.H. Virtual setup: application in orthodontic practice // *J Orofac Orthop.* — 2016. — Vol. 77, № 6. — P. 409–419.
3. Fournier A., Payant L., Bouclin R. Adherence to instructions for use of the Invisalign system // *J Can Dent Assoc.* — 2008. — Vol. 74, № 3. — P. 265–269.
4. Grünheid T., McCarthy S.D., Larson B.E. Clinical use of a direct chairside oral scanner: an assessment of accuracy, time, and patient acceptance // *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* — 2014. — Vol. 146, № 5. — P. 673–682.
5. Jeremiah H.G., Bister D., Newton J.T. Social perceptions of adults wearing orthodontic appliances: a cross-sectional study // *Eur J Orthod.* — 2011. — Vol. 33, № 5. — P. 476–482.
6. Kravitz N.D., Kusnoto B., BeGole E., Obrez A., Agran B. How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign // *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* — 2009. — Vol. 135, № 1. — P. 27–35.
7. Krieger E., Seiferth J., Marinello I., Jung B.A., Wriedt S., Jacobs C., Wehrbein H. Invisalign® treatment in the anterior region: were the predicted tooth movements achieved? // *J Orofac Orthop.* — 2012. — Vol. 73, № 5. — P. 365–376.
8. Kuo E., Miller R.J. Automated custom-manufacturing technology in orthodontics // *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* — 2003. — Vol. 123, № 5. — P. 578–581.
9. Larson B.E., Vaubel C.J., Grünheid T. Effectiveness of computer-assisted orthodontic treatment technology to achieve predicted outcomes // *Angle Orthod.* — 2013. — Vol. 83, № 4. — P. 557–562.
10. Leifert M.F., Leifert M.M., Efstratiadis S.S., Cangialosi T.J. Comparison of space analysis evaluations with digital models and plaster dental casts // *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* — 2009. — Vol. 136, № 1. — P. 16–22.
11. Luu N.S., Nikolcheva L.G., Retrouvey J.M., Flores-Mir C., El-Bialy T., Carey J.P., Major P.W. Linear measurements using virtual study models: a systematic review // *Angle Orthod.* — 2012. — Vol. 82, № 6. — P. 1098–1106.
12. Naidu D., Scott J., Ong D., Ho C.T. Validity, reliability and reproducibility of three methods used to measure tooth widths for Bolton analyses // *Aust Orthod J.* — 2009. — Vol. 25, № 2. — P. 97–103.
13. Rossini G., Parrini S., Castroflorio T., Deregibus A., Debernardi C.L. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review // *Angle Orthod.* — 2015. — Vol. 85, № 5. — P. 881–889.
14. Schätzle M., Männchen R., Zwahlen M., Lang N.P. Survival and failure rates of orthodontic temporary anchorage devices: a systematic review // *Clin Oral Implants Res.* — 2009. — Vol. 20, № 12. — P. 1351–1359.
15. Watanabe H., Gao S., Okubo C., Ono T., Tsuiki S., Komada Y., Iijima M., Ikeda K. Assessing changes in 3D lip morphology following lip training: a preliminary study // *Angle Orthod.* — 2017. — Vol. 87, № 4. — P. 618–624.

© Рощин Евгений Михайлович (Evgenii-r.st@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОТДАЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОТБЕЛИВАНИЯ ЗУБОВ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ У ПАЦИЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП

LONG-TERM RESULTS OF TEETH WHITENING BY VARIOUS METHODS IN PATIENTS OF DIFFERENT AGE GROUPS

**D. Tishkov
I. Shmygal**

Summary. This paper discusses the topic of bleaching procedures of various types for men and women of different age groups. The long-term and immediate results are evaluated. Sensitivity changes are assessed before, during and after the procedures. The effectiveness of the two bleaching methods relative to each other is also compared. The purpose of the study is to study the effectiveness of bleaching.

Keywords: home and office whitening, hyperesthesia of hard tooth tissues, whitening efficiency.

Тишков Денис Сергеевич

к.м.н., доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
den-tishkov@yandex.ru

Шмыгаль Ирина Ивановна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
irinashmygal@mail.ru

Аннотация. В данной работе рассматривается тема процедуры отбеливания различных видов у мужчин и женщин разных возрастных групп. Оцениваются отдаленные и ближайшие результаты. Проводится оценка изменения чувствительности до, во время и после процедуры. Также сравниваются эффективность двух методов отбеливания относительно друг друга. Цель исследования — изучить эффективность отбеливания.

Ключевые слова: отбеливание домашнее и офисное, гиперестезия твердых тканей зубов, эффективность отбеливания.

В современной стоматологии отбеливание зубов приобретает все большую популярность как неинвазивный метод улучшения эстетики улыбки. Спектр стоматологических услуг представлен большим количеством различных отбеливающих систем. Часто неправильная техника выполнения данной манипуляции может привести к возникновению осложнений во время и после проведения процедуры. Среди всех осложнений, возникающих после отбеливания, стоит отметить наиболее распространенное — повышенная чувствительность твердых тканей зубов. Для многих врачей вопросы об выборе метода отбеливания, способе активации действующих веществ, времени экспозиции и профилактике осложнений остаются спорными и требуют тщательного исследования.

Популярность отбеливания растёт с каждым годом среди стоматологов и пациентов. Причина этого явления — ряд преимуществ: экономически доступный вид манипуляций, очевидные улучшения эстетики за короткое время, отсутствие изменений в повседневной гигиене полости рта, минимальная инвазивность, сохранность естественных твердых тканей зубов и другие. Не стоит забывать, что нет «идеального» решения для всех проблем с изменением цвета зубов. Поэтому стоит

упомянуть о недостатках процедуры: сложность прогнозирования окончательного результата, недолговечность цвета, необходимость специального оборудования (офисное отбеливание) или самостоятельных навыков и дисциплины (домашнее отбеливание), противопоказано несовершеннолетним и другие. [13]

Все причины дисколорита твердых тканей зубов делятся на 2 большие группы: врожденная патология (тетрациклиновые зубы, флюороз, гипоплазия) и приобретенная (под влиянием экзогенных и эндогенных факторов). [5,6,7]

Отбеливание имеет достаточно широкий спектр показаний: изменения в цвете после эндодонтического лечения, вследствие кровоизлияния пульпы после травмы, возрастные изменения, генетические обусловленные оттенки зубов, интенсивное окрашивание из-за частого употребления пищи, содержащей агрессивные красители (кофе, красное вино). Несмотря на то, что отбеливание является одним из самых безопасных и простых методов повышения эстетики улыбки, у него также имеется ряд противопоказаний: аллергические реакции на реагенты, молочные зубы, неудовлетворительная гигиена полости рта (ИГ > 2,5), повышенная стираемость,

беременность, гиперестезия, общие самотические и эндокринные заболевания. [5,6,8]

Выделяют 2 основных вида отбеливания: осветление и изменение оттенка эмали и дентина. Под осветлением понимают применение специализированных средств индивидуальной гигиены с противоналетным действием (пирофосфаты, триклозан с кополимером и др.) и профессиональную гигиену (системы Air Flow). Изменение оттенка эмали и дентина достигается двумя способами: домашним и офисным. Первый бывает неконтролируемым (с помощью стандартных капп) и контролируемым (с помощью индивидуальных капп). Здесь в качестве реагентов используются препараты перекиси водорода (3–6 %) или перекиси карбамида (10–22 %). Всеобщее признание среди пациентов методика получила благодаря своей простоте, экономичности, самостоятельности, щадящему отношению к зубам. Однако, не стоит отрицать, что за частую без контроля специалистов пациенты могут нарушить правила проведения процедуры, что может повлиять на дальнейший результат или привести к осложнениям. Второй вид — офисное отбеливание — проводится под контролем квалифицированного специалиста и с использованием специального оборудования, что будет являться главными плюсами данного способа. Результат более прогнозируемый, долговечный, меньше риск осложнений и нежелательных реакций. Очевидно, сложность выполнения и дороговизна имеет отталкивающий эффект для большинства населения РФ. [11]

В состав отбеливающих гелей входят: перекись карбамида, перекись водорода и гидрооксид натрия; перборат натрия в материалах не содержащих перекись водорода; загуститель Carbopol или Polux; мочевины; носитель — глицерин гликоль, средства для чистки зубов; консерванты; вкусовые добавки; фториды для снижения чувствительности. Специальное оборудование при офисном отбеливании включает в себя обычная галогеновая полимеризующая лампа; дуговая плазменная лампа; CO₂-лазеры и аргоновый лазер; ксеноновые дуги. Для домашнего отбеливания применяются только стандартные или индивидуализированные каппы. [3,9,10]

Принцип действия реагентов заключается в реакции окисления пигментов твердых тканей зубов и их дальнейшем расщеплении с помощью атомарного кислорода. При этом разрушенные пигменты выводятся из зуба через поры в эмали. Здесь важно знать, когда наступает точка насыщения, чтобы не «переотбелить» зубы и не нанести больше вреда, чем пользы. [4]

Основным осложнением отбеливания является повышенная чувствительность зубов на физические, химические раздражители — гиперестезия. Существует 2 основных вида профилактики повышенной чувствительности — активная и пассивная. Первый связан с при-

менением до и после процедуры отбеливания реминерализующих средств (пасты, гели, растворы), а также средства для снижения чувствительности. Второй представляет собой уменьшение концентрации соединенной перекиси в отбеливающем препарате, уменьшение времени экспозиции его на зуб, сокращение количества процедур. [1,2,12]

Материалы и методы исследования

Для исследования мы выбрали 120 человек и разделили на 2 основные группы по 60 человек. Группа Д — будет проводить процедуру домашнего отбеливания, Группа О — офисное отбеливание. Внутри основных групп мы выделили на 3 возрастные группы по 20 человек в каждой: 1 группа — лица 18–35 лет; 2 группа — лица 35–50 лет; 3 группа — лица старше 50 лет. Каждую возрастную группу мы разделили на 2 подгруппы по 10 человек: М — мужчины. Ж — женщины.

Перед отбеливанием мы провели анкетирование, в результате которого было выяснено, что все испытуемые никогда не проводили отбеливание. Также установлено, что 95 % человек не отмечают у них повышенной чувствительности, а остальные 5 % человек периодически испытывали гиперестезию на химические и температурные раздражители умеренной силы. После осмотра полости рта установлено, что у 85 % испытуемых индекс КПУ находится на низком уровне, у остальных 15 % — на среднем уровне интенсивности. У всех пациентов индекс гигиены удовлетворительный.

За 2 недели до проведения процедуры отбеливания зубов осуществляли профессиональную гигиену ротовой полости, которая состояла из снятия мягких зубных отложений системой Air Flow, удаления твердых зубных отложений ультразвуковым аппаратом и финишной обработки полирующей пастой. Также всем испытуемым была проведена реминерализующая терапия в течение 4 минут фторсодержащим гелем в каппе.

Для домашнего отбеливания использовался гель, содержащий 9,5 % перекиси водорода в течение 14 дней. Для офисного — гель, содержащий 25 % перекиси водорода, с активацией геля с помощью галогеновой лампы, выделяющей свет в диапазоне 340–400 нм.

Эффективность отбеливания оценивалась по шкале Vita Classic. До начала отбеливания у 80 % исследуемых отмечается цвет А3, у 15 % — В3, у 5 % — С3.

Оценка чувствительности твердых тканей зубов проводилась до процедуры, сразу после и через неделю после процедуры. Она включала в себя 2 методики: метод вербальной рейтинговой шкалы боли (VRS — Verbal Rating Scale) и вычисление индекса распространенности

чувствительности дентина (ИРЧД) по Ю.А. Фёдорову, Г.Б. Шториной (1988) Первый имеет следующие уровни — 1 — «нет боли», 2 — «лёгкий дискомфорт», 3 — «боль средней интенсивности», 4 — «сильная боль», 5 — «нестерпимая боль». Второй равен отношению количества зубов с гиперестезией к количеству зубов в полости рта. Индекс выражается в процентах. При значении индекса 3,1–25 % распространённость считается локализованной, а при 26–100 % — генерализованной.

Для расчётов и анализа результатов использовался метод нахождения среднего арифметического значения.

VRS (для группы) = сумма VRS десяти испытуемых\10

ИРЧД (для группы) = сумма ИРЧД десяти испытуемых\10

Результаты исследования

Средние значения показателей чувствительности у мужчин и женщин различных возрастных групп после домашнего и офисного отбеливания и до процедуры представлены в Таблице 1.

До процедуры отбеливания значения VRS не превышает 1 (нет боли) во всех группах, что говорит нам об отсутствии гиперестезии у испытуемых. Сразу после отбеливания этот показатель увеличивается в несколько раз, при этом после офисного он приближается к отметке 4 (интенсивная боль). Спустя 7 дней показатель вербальной рейтинговой шкалы боли практически возвращается к исходным отметкам после домашнего отбеливания.

До процедуры отбеливания значения ИРЧД свидетельствует о наличии локализованной чувствительности у большинства пациентов, что можно связать с различными факторами. Сразу после отбеливания этот показатель увеличивается в несколько раз, что говорит нам о наличии генерализованной чувствительности как после офисного, так и после домашнего отбеливания. Спустя 7 дней показатель индекса распространённости чувствительности дентина стремится к исходным значениям.

Эффективность отбеливания отслеживалась по шкале До начала отбеливания у 80 % исследуемых отмеча-

Таблица 1.

Изменения показателей чувствительности у испытуемых

	До процедуры		После процедуры		Через неделю	
	VRS	ИРЧД, %	VRS	ИРЧД, %	VRS	ИРЧД, %
Д1Ж	0,2	25	3,3	44	0,4	27
Д2Ж	0,2	27	3,5	46	0,5	29
Д3Ж	0,6	36	3,6	42	0,4	37
Д1М	0,2	26	3,7	51	0,6	27
Д2М	0,3	28	3,9	54	0,8	31
Д3М	0,5	41	3,8	51	0,6	43
О1Ж	0,2	24	4,0	71	1,0	25
О2Ж	0,3	27	4,3	72	1,1	27
О3Ж	0,5	35	4,0	70	1,0	35
О1М	0,2	26	4,3	79	1,5	29
О2М	0,4	27	4,5	81	1,8	29
О3М	0,6	29	4,2	80	1,7	30

ется цвет А3 у 10 %— А3,5, у 5 %— В3, у 5 % — С3. После проведения процедуры домашнего отбеливания у 80 % пациентов цвет изменился до А2, у 10 %— А3, у 5 % — В2, и 5 % — С2. Через неделю эти показатели остались прежними.

После проведения процедуры офисного отбеливания 85 % пациентов имели цвет А2, 5 % — А1, 5 % — А3, 5 % — В2,С2. Через неделю эти показатели сохранились.

Выводы

Таким образом, после домашнего и офисного отбеливания у 100 % испытуемых отмечается повышенная чувствительность на термические раздражители. При этом после офисного метода интенсивность и распространённость чувствительности выше, чем после домашнего. Спустя небольшой промежуток времени, показатели чувствительности твердых тканей зубов стремятся к исходному уровню. Зависимость между гиперестезией, возрастом и полом не выявлено. Эффективность офисного отбеливания несколько выше, чем домашнего

ЛИТЕРАТУРА

- Беленова И.А., Суценко А.В., Кудрявцев О.А., Корецкая И.В., Рожкова Е.Н. «Профилактика осложнений после профессионального осветления зубов», — Вестник новых медицинских технологий, электронный журнал. — 2018. — №6. — с. 29–34
- Гильмияров Э.М., Магсумова О.А. «Сравнительная оценка влияния систем офисного отбеливания на возникновение гиперестезии зубов», — Известия Самарского научного центра Российской академии наук, — 2015. — том 17, №5. — с. 743–747
- Захарова, М.С. Сравнение систем отбеливания зубов Opalescence американской фирмы «Ultradent» и системы отбеливания зубов фирмы «Omega Dent» / М.С. Захарова, А.Г. Луценко, Ю.Е. Копилова // Медико-биологические, клинические и социальные вопросы здоровья и патологии человека : XII ОБЛАСТНОЙ ФЕСТИВАЛЬ «МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ — РАЗВИТИЮ ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ»: межрегиональная научная конференция студентов и молодых ученых

- с международным участием, Иваново, 11–15 апреля 2016 года / Министерство здравоохранения РФ; Ивановская государственная медицинская академия. Том 1. — Иваново: Ивановская государственная медицинская академия, 2016. — С. 267–268.
4. Изменение чувствительности твердых тканей зубов после проведения процедуры офисного отбеливания зубов / О.А. Магсумова, Е.А. Рыскина, М.А. Постников [и др.] // Институт стоматологии. — 2020. — № 3(88). — С. 62–63.
 5. Луцкая И.К. «Отбеливание и эстетическое реставрирование зубов при нарушении их цвета и формы», Современная стоматология. — 2016. — №1. — с.35–39.
 6. И.В. Львович, Отбеливание зубов — новые возможности эстетической стоматологии / И.В. Львович — Гомель: ГУ «РНПЦ РМиЭЧ», 2021. — 30 с
 7. Мирная Е.А. «Отбеливание как неинвазивный способ улучшения эстетики при изменении цвета зубов», Современная стоматология. — 2017 — №3. — с.50–56.
 8. Оценка гигиенического и пародонтологического статуса пациентов после проведения процедуры офисного отбеливания зубов / О.А. Магсумова, М.А. Постников, Т.М. Ткач, В.А. Полканова // Аспирантский вестник Поволжья. — 2021. — № 1-2. — С. 31–36.
 9. Поповкина, О.А. Сравнительная оценка влияния различных средств для домашнего отбеливания зубов на твердые ткани зуба / О.А. Поповкина, М.Ю. Житков, В.Д. Вагнер // Институт стоматологии. — 2008. — № 3(40). — С. 74–77.
 10. Поверхностно-прореагировавший карбонат кальция для реминерализации и отбеливания зубов: № 2016142392: заявл. 05.03.2015: опубл. 13.09.2018 / Т. Будде, Д.Е. Джерард, П.А. К. Гейн; заявитель ОМИА ИНТЕРНЭШНЛ АГ.
 11. Рислинг, В.П. Технология лазерного отбеливания зубов / В.П. Рислинг // Бюллетень медицинских интернет-конференций. — 2015. — Т. 5, № 11. — С. 1308.
 12. Успенская, О.А. Выраженность гиперестезии зубов при проведении профессионального и домашнего отбеливания зубов / О.А. Успенская, О.В. Трефилова // Клиническая стоматология. — 2019. — № 3(91). — С. 28–30.
 13. Цакоев, А.Г. Отбеливание зубов. Методы отбеливания зубов / А.Г. Цакоев // Фундаментальные основы науки: Сборник научных трудов по материалам XXXIII Международной научно-практической конференции, Анапа, 13 июля 2021 года. — Анапа: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский центр экономических и социальных процессов» в Южном Федеральном округе, 2021. — С. 14–18.

© Тишков Денис Сергеевич (den-tishkov@yandex.ru); Шмыгаль Ирина Ивановна (irinashmygal@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ, ОПЕРАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ И ЛЕТАЛЬНОСТИ У БОЛЬНЫХ С ЯЗВЕННЫМИ ГАСТРОДУОДЕНАЛЬНЫМИ КРОВОТЕЧЕНИЯМИ В РСО-АЛАНИЯ В 2019–2023 ГГ.

ANALYSIS OF MORBIDITY, OPERATIONAL ACTIVITY AND MORTALITY IN PATIENTS WITH ULCERATIVE GASTROINTESTINAL BLEEDING IN THE REPUBLIC OF NORTH OSSETIA-ALANIA IN 2019–2023

Z. Totikov
V. Totikov
R. Chubetsova
I. Totikova
V. Medoev
T. Kaziev
M. Kalitsova
E. Mindzaeva

Summary. Based on electronic reporting forms from medical organizations in the Republic of North Ossetia-Alania from 2019 to 2023 providing emergency surgical care for the adult population, we conducted an analysis of the dynamics of morbidity, surgical activity, overall and postoperative mortality, as well as the frequency of endoscopic hemostasis for patients with ulcerative gastroduodenal bleedings. We identified the main trends in providing care for this group of patients during this period as well as factors that influence the outcomes of treatment.

Keywords: ulcerative gastroduodenal bleedings, morbidity, mortality, operational activity, endoscopic hemostasis.

Тотиков Заурбек Валерьевич

*Д.м.н., профессор, Северо-Осетинская государственная
медицинская академия, Владикавказ
z-totikov@mail.ru*

Тотиков Валерий Зелимханович

*Д.м.н., профессор, Северо-Осетинская государственная
медицинская академия, Владикавказ
vz-totikov@mail.ru*

Хубецова Рамина Аликовна

*Аспирант, Северо-Осетинская государственная
медицинская академия, Владикавказ
chubetsova91@mail.ru*

Тотикова Ирина Таймуразовна

*Аспирант, Северо-Осетинская государственная
медицинская академия, Владикавказ
ilona008@yandex.ru*

Медоев Вадим Вальтерович

*Доцент, Северо-Осетинская государственная
медицинская академия, Владикавказ
vmedoev@yandex.ru*

Казиев Тимур Таймуразович

*Аспирант, Северо-Осетинская государственная
медицинская академия, Владикавказ
tmrkzv@mail.ru*

Калицова Мадина Валентиновна

*Доцент, Северо-Осетинская государственная
медицинская академия, Владикавказ
madina777@yandex.ru*

Миндзаева Елена Георгиевна

*Доцент, Северо-Осетинская государственная
медицинская академия, Владикавказ
amindzaeva@mail.ru*

Аннотация. На основе электронных отчетных форм медицинских организаций РСО-Алания за 2019–2023 гг., оказывающих экстренную хирургическую помощь взрослому населению, осуществлен анализ динамики заболеваемости, оперативной активности, общей и послеоперационной летальности, частоты проведения эндоскопического гемостаза у больных с гастродуоденальными кровотечениями язвенной этиологии. Выявлены основные тенденции в оказании помощи данному контингенту больных за анализируемый период, а также факторы, оказывающие влияние на результаты лечения.

Ключевые слова: язвенные гастродуоденальные кровотечения, заболеваемость, летальность, оперативная активность, эндоскопический гемостаз.

Гастродуоденальные кровотечения являются одной из наиболее распространённых urgentных хирургических патологий, частота летальных исходов при которой колеблется в пределах 5–20 % [1,2,3,4,5]. При этом примерно у половины больных причиной кровотечения являются язвы желудка и двенадцатиперстной кишки [1,3,4,5,6]. В последние годы в связи с широким внедрением методов эндоскопического гемостаза и эндоваскулярной эмболизации частота оперативных вмешательств по поводу язвенных гастродуоденальных кровотечений (ЯГДК) во многих крупных клиниках стала существенно снижаться [2,3,4,5,6]. Однако, все еще остается актуальной проблема оснащения большинства экстренных стационаров, особенно в районных центрах, дорогостоящим оборудованием для выполнения подобных манипуляций, высокой стоимости данных процедур, отсутствия квалифицированных кадров, что накладывает серьезные ограничения для проведения малоинвазивных способов остановки язвенных гастродуоденальных кровотечений [1,2,6].

Цель исследования: изучить заболеваемость, оперативную активность, общую и послеоперационную летальность у больных с язвенными гастродуоденальными кровотечениями в РСО-Алания в 2019–2023 гг.

Материалы и методы

Осуществлен анализ электронных отчетных форм медицинских организаций РСО-Алания за 2019–2023 гг., оказывающих экстренную хирургическую помощь взрослому населению. В исследование включались все больные, которые были госпитализированы в экстренном порядке с гастродуоденальными кровотечениями язвенной этиологии. Изучались такие показатели как: динамика заболеваемости, оперативная активность, общая и послеоперационная летальность, число больных, которым был осуществлен эндоскопический гемостаз.

Результаты

В 2019 году с язвенными гастродуоденальными кровотечениями в стационары РСО-Алания, оказывающие экстренную хирургическую помощь, было госпитализировано 275 больных, их них 181 (65,8 %) пациент был госпитализирован спустя более суток от появления первых симптомов заболевания. Общая летальность при ЯГДК в 2019 году составила 5,5 % (умерло 15 из 275 пациентов). По Российской Федерации в 2019 году данный показатель составлял 4,9 %. При этом из этих 15 больных в 13 (86,7 %) случаях имела место поздняя госпитализация. Оперативная активность составила 20,0 %, было оперировано 55 из 275 больных (по РФ в 2019 году — 15,6 %), при показателе послеоперационной летальности — 16,4 %, умерло 9 из 55 больных (по РФ — 14,7 %). Эндоскопический гемостаз был использован у 93

(33,8 %) из 275 больных (что составило 17,4 на 100000 населения, в то время как по РФ — 37,2), при этом данная процедура оказывалась только в 2 республиканских стационарах III уровня (РКБСМП и РКБ), расположенных в г. Владикавказе.

В 2020 году с язвенными гастродуоденальными кровотечениями в стационары РСО-Алания было госпитализировано 183 больных, их них 59 (32,2 %) пациентов были госпитализированы спустя более суток от появления первых симптомов заболевания. Общая летальность при ЯГДК в 2020 году в РСО-Алания составила 3,8 % (умерло 7 из 183 пациентов). По Российской Федерации в 2020 году данный показатель составлял 6,5 %. При этом из этих 7 больных в 5 (71,4 %) случаях имела место поздняя госпитализация. Оперативная активность составила 19,7 %, было оперировано 36 из 183 больных (по РФ в 2020 году — 15,5 %), при показателе послеоперационной летальности — 5,6 %, умерло 2 из 36 больных (по РФ — 16,5 %). Эндоскопический гемостаз был использован у 12 (6,6 %) из 183 больных с ЯГДК (что составило 13,7 на 100000 населения, при этом по РФ — 34,0). Следует отметить, что с началом пандемии COVID-19 (в марте 2020 года) обе республиканские больницы III уровня (РКБ и РКБСМП) были перепрофилированы в инфекционные госпитали, а хирургическая помощь переориентирована преимущественно в районные больницы I уровня.

В 2021 году с язвенными гастродуоденальными кровотечениями в стационары РСО-Алания было госпитализировано 318 больных, их них 116 (36,5 %) пациентов были госпитализированы спустя более суток от появления первых симптомов заболевания. Общая летальность при ЯГДК в 2021 году в РСО-Алания составила так же 3,8 % (умерло 12 из 318 пациентов). По Российской Федерации в 2021 году данный показатель составлял 6,6 %. При этом из этих 12 больных в 4 (33,3 %) случаях имела место поздняя госпитализация. Оперативная активность составила 7,2 %, было оперировано 23 из 318 больных (по РФ в 2021 году — 13,3 %), при показателе послеоперационной летальности — 21,7%, умерло 5 из 23 больных (по РФ — 19,3 %). Эндоскопический гемостаз был использован у 18 (5,7 %) из 318 больных с ЯГДК (что составило 7,4 на 100000 населения, при этом по РФ — 34,6).

В 2022 году с язвенными гастродуоденальными кровотечениями в стационары РСО-Алания было госпитализировано 225 больных, их них 58 (25,8 %) пациентов были госпитализированы спустя более суток от появления первых симптомов заболевания. Общая летальность при ЯГДК в 2022 году в РСО-Алания составила 1,3 % (умерло 3 из 225 пациентов). По Российской Федерации в 2022 году данный показатель составлял 5,9 %. При этом из этих 3 больных в 2 (66,7 %) случаях имела место поздняя госпитализация. Оперативная активность

составила 21,3 %, было оперировано 48 из 225 больных (по РФ в 2022 году — 12,1 %), при показателе послеоперационной летальности — 2,1 %, умер 1 из 48 больных (по РФ — 16,9 %). Эндоскопический гемостаз был использован у 27 (12,2 %) из 225 больных с ЯГДК (что составило 9,9 на 100000 населения, при этом по РФ — 34,8).

В 2023 году с язвенными гастродуоденальными кровотечениями в стационары РСО-Алания было госпитализировано 250 больных, их них 110 (44,0 %) пациентов были госпитализированы спустя более суток от появления первых симптомов заболевания. Общая летальность при ЯГДК в 2023 году в РСО-Алания составила 2,4 % (умерло 6 из 250 пациентов). По Российской Федерации в 2022 году данный показатель составлял 5,9 %, за 2023 год по РФ данных нет. При этом из этих 6 больных в 5 (83,3 %) случаях имела место поздняя госпитализация. Оперативная активность составила 4,0 %, было оперировано 10 из 250 больных (по РФ в 2022 году — 12,1 %), при показателе послеоперационной летальности — 10,0 %, умер 1 из 10 больных (по РФ в 2022 году — 16,9 %). Эндоскопический гемостаз был использован у 66 (26,4 %) из 250 больных с ЯГДК.

В течение 5-летнего анализируемого периода наблюдалось снижение количества госпитализированных больных с ЯГДК в 2020 году, в период пандемии COVID-19, на 33,5 % в сравнении с 2019 годом (с 275 пациентов в 2019 до 183 в 2020 году), с последующим ростом в 2021 году на 73,8 % по сравнению с 2020 годом (со 183 больных до 318), что может быть связано с резким снижением объемов оказания плановой стационарной и амбулаторной помощи больным с язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки в период пандемии в 2020 году, с последующим ростом числа осложнений, в частности ЯГДК, у части пациентов. Далее наблюдалось вновь снижение этого показателя до 225 госпитализаций (на 29,3 %) в 2022 году и небольшой рост на 11,1 % в 2023 году (до 250 госпитализаций). За весь анализируемый период сохранялся значительным процент поздней госпитализации пациентов, что негативно влияло на показатели как общей, так и послеоперационной летальности. Наибольшим этот процент был в 2019 году (65,8 %), с последующим снижением к 2022 году до 25,8 % и вновь ростом в 2023 году до 44,0 %. Высокий процент поздней госпитализации, наряду с преклонным возрастом большинства больных, наличием тяжелой сопутствующей патологии, отсутствием возможности осуществлять комбинированный эндогемостаз и эндоваскулярную остановку кровотечений, длительными отказами от оперативных вмешательств обусловили в 2019 году показатели общей летальности (5,5 %), оперативной активности (20,0 %) и послеоперационной летальности (16,4 %) несколько выше общероссийских. В 2020–2021 гг. пока-

затели общей летальности при ЯГДК снизились до 3,8 %, в 2022 году до 1,3 % с небольшим ростом до 2,4 % в 2023 году, что существенно ниже общероссийских. Оперативная активность в 2020 году (19,7 %) была аналогична 2019 году, с последующим снижением до 7,2 % в 2021 году, затем резким ростом до 21,3 % в 2022 году и достигнув минимального значения в 4,0 % в 2023 году, что было обусловлено максимальной концентрацией этих больных в РКБСМП г. Владикавказа, которая располагает возможностями для осуществления комбинированного эндоскопического и эндоваскулярного гемостаза. Показатели послеоперационной летальности снизились в 2020 году до 5,6 %, с последующим резким ростом в 2021 году до 21,7 %, что несколько превышало общероссийский уровень (19,3 %), далее в 2022 году послеоперационная летальность снизилась до 2,1 %, а в 2023 году увеличилась до 10,0 % (умер 1 из 10 оперированных больных). Использование эндоскопического гемостаза на 100000 населения за анализируемый период времени остается существенно ниже общероссийского показателя, особенно низким этот процент был в период 2020–2022 годов, когда крупнейший экстренный хирургический стационар республики III уровня (РКБСМП г. Владикавказа, наряду с РКБ) оказывал помощь больным с новой коронавирусной инфекцией. И только в 2023 году показатели использования эндоскопической остановки кровотечения, наряду с более активным применением эндоваскулярного гемостаза, в первую очередь за счет РКБСМП г. Владикавказа, выросли в РСО-Алания до 26,4 %.

Заключение

Число госпитализированных больных с ЯГДК за анализируемый период времени за исключением резких колебаний 2020–2021 гг., т.е. в период пика пандемии COVID-19, сохраняется примерно на одном уровне. Остается высоким процент поздней госпитализации больных, что наряду с преклонным возрастом пациентов, тяжелой сопутствующей патологией, отсутствием возможности осуществления комбинированного эндогемостаза и эндоваскулярной остановки кровотечения во всех районных больницах республики, неоптимальной схемой маршрутизации хирургических пациентов, длительными отказами от операции негативно влияет на результаты лечения ЯГДК. С целью улучшения результатов лечения данной категории больных необходимо создание в РСО-Алания межрайонных хирургических центров II уровня, укомплектованных кадрами, оснащенных необходимым оборудованием и расходными материалами для малоинвазивной остановки ЯГДК, дооснащение хирургических и эндоскопических отделений стационаров III уровня в г. Владикавказе, с разработкой оптимальной системы маршрутизации больных и концентрацией наиболее сложных пациентов в этих стационарах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тотиков З.В., Тотиков В.З., Ремизов О.В., Хубецова Р.А., Казиев Т.Т. Гастродуоденальные кровотечения язвенной этиологии. // Медицинский вестник Башкортостана. 2022;1:70–77.
2. Ревшвили А.Ш., Федоров А.В., Сажин В.П., Оловянный В.Е. Состояние экстренной хирургической помощи в Российской Федерации. // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2019;3:88–97.
3. Naseer M, Lambert K, Hamed A, Ali E. Endoscopic advances in the management of non-variceal upper gastrointestinal bleeding: A review. // World J Gastrointest Endosc 2020; 12(1): 1–16.
4. Тотиков З.В., Тотиков В.З., Хубецова Р.А., Казиев Т.Т., Логвина Л.Л. Современные и перспективные способы эндоскопического гемостаза у больных с неварикозными гастродуоденальными кровотечениями. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022; №4-2, с.224–231.
5. Gralnek I.M., Stanley A.J, Morris A.J, Camus M., Lau J., Lanas A., Laursen S.B., Radaelli F., Papanikolaou I.S., Cúrdia Gonçalves T., Dinis-Ribeiro M., Awadie H., Braun G., de Groot N., Udd M., Sanchez-Yague A., Neeman Z., van Hooft J.E. Endoscopic diagnosis and management of nonvariceal upper gastrointestinal hemorrhage (NVUGIH): European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) Guideline — Update 2021. // Endoscopy. 2021 Mar;53(3):300–332.
6. Кубышкин В.А., Сажин В.П., Федоров А.В., Кривцов Г.А., Сажин И.В. Организация и результаты хирургической помощи при язвенном гастродуоденальном кровотечении в стационарах центрального федерального округа. // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2017;2:4–9.

© Тотиков Заурбек Валерьевич (z-totikov@mail.ru); Тотиков Валерий Зелимханович (vz-totikov@mail.ru);
Хубецова Рамина Аликовна (chubetsova91@mail.ru); Тотикова Ирина Таймуразовна (ilona008@yandex.ru);
Медоев Вадим Вальтерович (vmedoev@yandex.ru); Казиев Тимур Таймуразович (tmrkzv@mail.ru);
Калицова Мадина Валентиновна (madina777@yandex.ru); Миндзаева Елена Георгиевна (amindzaeva@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИМЕНЕНИЕ ОБОГАЩЕННОЙ ТРОМБОЦИТАМИ ПЛАЗМЫ ПРИ ОНКОПЛАСТИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ: ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ¹

USE OF PLATELET RICH PLASMA IN ONCOPLASTIC BREAST RECONSTRUCTION: A REVIEW OF THE CURRENT STATE AND PROSPECTS

**T. Khorobrykh
M. Baranova
Wang Shuowen
He Mingze
A. Gorbunov
A. Kulaga**

Summary. Breast cancer is the most commonly diagnosed cancer and the second leading cause of death among women. Surgery remains the main method of treating breast cancer as part of complex therapy. On the other hand, this treatment method is accompanied by physical discomfort and psychological trauma. Fat grafting with autologous fat is a promising alternative treatment for scar deformities and soft tissue defects after destructive or conservative breast cancer surgery. It is easily accessible and ensures equal aesthetic growth of donor and recipient sites. However, there are concerns about unpredictable survival and fat retention after grafting. Regenerative therapy using platelet-rich plasma for fat transfer is a modern solution to optimize this problem. Platelet-rich plasma, derived from autologous plasma, is fully biocompatible, non-immunogenic and provides a large number of different growth factors for soft tissue regeneration and wound healing.

Keywords: Platelet-rich plasma, autologous fat transfer, breast reconstruction, breast cancer, fat grafting.

Хоробрых Татьяна Витальевна

д.м.н., профессор РАН,
директор клиники факультетской хирургии №2,
университетская клиническая больница №4,
первый МГМУ им. И.М. Сеченова
horobryh68@list.ru

Баранова Мадина Петровна

к.м.н., ассистент, заведующий хирургического
отделения опухолей молочной железы и кожи клиники
факультетской хирургии №2,
университетская клиническая больница №4,
первый МГМУ им. И.М. Сеченова
Protokosha@yandex.ru

Ван Шовэнь

Аспирант, хирургическое отделение опухолей молочной
железы и кожи клиники факультетской хирургии №2,
университетская клиническая больница №4,
первый МГМУ им. И.М. Сеченова
Drshuowen@gmail.com

Хэ Минцзэ

Аспирант, отделение урологии №2 клиника урологии
им. Р.М. Фронштейна, университетская клиническая
больница №2, первый МГМУ им. И.М. Сеченова
Hemingze97@gmail.com

Горбунов Андрей Сергеевич

к.м.н., доцент, врач — хирург высшей категории —
хирургическое отделение клиники факультетской
хирургии им. Н.Н. Бурденко, университетская
клиническая больница №1,
первый МГМУ им. И.М. Сеченова
Pilulkin1966@mail.ru

Кулага Андрей Владимирович

к.м.н., ассистент, врач онколог, маммолог, хирург,
онкоортопед — хирургическое отделение опухолей
молочной железы и кожи клиники факультетской
хирургии №2, университетская клиническая больница
№4, первый МГМУ им. И.М. Сеченова
Roncspint@gmail.com

Аннотация. Рак молочной железы является наиболее часто диагностируемым раком и второй основной причиной смертности среди женщин. Хирургия остается основным методом лечения рака молочной железы в составе комплексной терапии. С другой стороны, данный метод лечения сопровождается физическим дискомфортом и психологической травмой. Липофилинг с аутологичным жиром является многообещающей альтер-

¹ Эта работа финансируется Китайским стипендиальным советом (CSC) № 202308090559.



Введение

В настоящее время рак молочной железы (РМЖ) занимает одну из лидирующих позиций в структуре онкозаболеваемости во всем мире [1]. РМЖ — вторая по значимости причиной смерти от рака среди женщин [2]. Следует отметить неуклонно прогрессирующую тенденцию роста данной патологии, которая усугубляется неблагоприятной социально-экономической ситуацией [1,2].

Хирургическое лечение, являющееся главной составляющей комплексной терапии, сопровождается не только физическим дискомфортом, но и психологической травмой, снижением качества жизни [3]. Исследователи отмечают, что проведение онкопластической реконструкции оказывает положительное влияние на улучшение психоэмоционального состояния женщин, перенесших РМЖ, их социального статуса [4].

Использование липофилинга позволило реализовать огромный потенциал в области реконструкции и эстетики молочной железы, решая такие проблемы, как послеоперационные рубцовые деформации, дефицит объема или асимметрия после традиционной реконструкции с имплантом или с лоскутом. Отмечено, что липофилинг может выступать в качестве техники первичной реконструкции, являясь альтернативой традиционной реконструкции груди [5,6].

В качестве идеального наполнителя жир является аутологичным, легкодоступным, неаллергенным, неиммуногенным материалом, который обладает 100 % биосовместимостью. Кроме того, он эстетически приятен для пациента. Первоначально были опасения, что жир будет мешать выявлению онкологического процесса, но исследования показали, что нет существенных различий в плотности молочной железы при визуализации до и после введения жира [7].

Несмотря на широкие показания к применению и удовлетворительное качество филлера для свобод-

нативной лечения рубцовой деформации и дефектов мягких тканей после разрушительной или консервативной хирургии рака молочной железы. Он легкодоступна, обеспечивает равный эстетический рост донорских и реципиентных участков. Однако существуют опасения по поводу непредсказуемой выживаемости и удержания жировой ткани после пересадки. Регенеративная терапия с использованием обогащенной тромбоцитами плазмы для пересадки жира является современным решением для оптимизации данной проблемы. Обогащенная тромбоцитами плазма, полученная из аутологичной плазмы, обладает полной биосовместимостью, неиммуногенностью и обеспечивает большое количество различных факторов роста для регенерации мягких тканей и заживления ран.

Ключевые слова: обогащенная тромбоцитами плазма, аутологичная пересадка жира, реконструкция груди, рак молочной железы, приживление жира.

ной трансплантации, после пересадки первоначально наступает гипоксическая фаза, которая может привести к частичной резорбции тканей или замещению их фиброзной тканью. Непредсказуемый уровень резорбции составляет около 30–60 %, что, несомненно, повышает риск повторного оперативного вмешательства [8].

В связи с этим огромный интерес представляет понимание механизмов приживания жирового трансплантата посредством существующих методик. В настоящее время все большее внимание уделяется возможности использования обогащенной тромбоцитами плазмы (ОТП) в адъювантной терапии.

Цель работы — изучение литературных данных о возможности использования обогащенной тромбоцитами плазмы для приживания жирового трансплантата.

В качестве новой матрицы для оптимизации приживания жировой ткани, используют обогащенную тромбоцитами плазму, которую получают из аутологичной периферической крови после центрифугирования. Из 30 мл венозной крови возможно получить примерно 3–5 мл ОТП, на ее качество и концентрацию влияют гендерно-возрастные характеристики, исходное количество тромбоцитов, используемое оборудование, а также техника, применяемая в каждом клиническом случае [9].

Тромбоциты образуются из мегакариоцитов и высвобождаются длинным ветвящимся процессом.

Концентрация тромбоцитов в обогащенной тромбоцитами плазме была выше исходного уровня и дифференциальной, от 2,5 до 8,0 раз выше, чем в цельной крови. Многочисленные исследования показали, что оптимальное клиническое восстановление достигается, когда концентрация тромбоцитов в 4–5 раз выше исходного уровня.

Исследователями клинически было продемонстрировано, что ОТП, введенная в субдерму и глубокую дер-

му, гистологически вызывает увеличение мягких тканей, активацию фибробластов, отложение нового коллагена, образование новых сосудов и жировой ткани [10].

Имеющиеся в настоящее время классификации ОТП

В таблице 1 представлен обзор 8 имеющихся в настоящее время классификаций ОТП [11,12,13,14,15,16,17].

Процесс подготовки

Венозная кровь, собранная в пробирки с антикоагулянтом, центрифугируется для разделения ее различных компонентов. Во время центрифугирования эритроциты оседают в надосадочной жидкости, состоящей из лейкоцитов, тромбоцитов и плазмы. Верхний бледно-желтый осадок плазмы с низким содержанием тромбоцитов собирается отдельно и снова центрифугируется с получением бледно-желтого покрытия, состоящего из ОТП и лейкоцитов. Использование различных методов центрифугирования, интенсивности и времени разделения приводит к различным концентрациям и жизнеспособности суспензий тромбоцитов и лейкоцитов. Это явление оказывает прямое влияние на изменчивость концентраций факторов роста. Лучший вариант приготовления ОТП полностью зависит от индивидуальных потребностей.

Роли тромбоцитов — факторов роста

Популярность ОТП для клинического применения можно объяснить большим количеством факторов роста в тромбоцитах, цитокинов и других биоактивных молекул, таких как альфа-гранулы молекул адгезии, которые при активации синергично участвуют в иммунных реакциях, коагуляции, регуляции секреторных механизмов и стимуляции каскада естественного заживления поврежденных тканей [18]. Факторы роста, обычно изучаемые в ОТП, включают факторы роста тромбоцитов (PDGF), трансформирующий фактор роста (TGF), ангиогенный фактор тромбоцитов (PDAF), фактор роста эндотелия сосудов (VEGF), эпидермальный фактор роста (EGF), фактор роста фибробластов (FGF), фактор роста соединительной ткани фактор (CTGF), инсулиноподобный фактор роста-1 (IGF-1) и др. Эти белки совместно стимулируют клеточный митоз, васкуляризацию эндотелия, увеличивают проницаемость сосудов и ускоряют ангиогенез, что является предпосылками и необходимыми факторами для адекватного заживления тканей.

ОТП высвобождает нативные факторы роста в месте лечения в их биологически определенном соотношении, стимулируют ангиогенез, дифференциацию и пролиферацию клеток, что приводит к восстановлению трехмерного матрикса [19]. Lynch SE и др обнаружили в экспери-

ментальном исследовании на животных, что очищенный тромбоцитарный фактор роста приводит к дозозависимому увеличению ширины соединительной ткани и эпидермального слоя, оказывая положительное влияние на механистический процесс заживления ран [20].

Механизмы, которые могут повысить выживаемость и сохранение жира после липофилинга

Живая жировая ткань реваскуляризируется в месте пересадки в течение 48 часов после трансплантации. В течение этого времени диффундирующие вещества в плазме крови (такие как кислород, углекислый газ, глюкоза, натрий, калий и мочевины) отвечают за транспорт, удаление питательных веществ и передачу сигналов. Напротив, неактивные ткани удаляются макрофагами, оставляя после себя фиброз и кистозные изменения. Резорбция и ишемия клеток жира после трансплантации часто являются основными препятствиями для предотвращения постоянного разрастания жировой ткани. Качество пересаженной ткани сильно зависит от процесса заживления, восстановления, васкуляризации и дифференцировки адипоцитов. После проведения липофилинга с применением ОТП происходят такие процессы, как: неоваскуляризация, дифференцировка и пролиферация, которые способствуют процессам восстановления и заживления тканей [21].

Факторы роста в ОТП, такие как CTGF, VEGF и т. д., оказывают значительное влияние на стимулирование ангиогенеза: формирование новых кровеносных сосудов обеспечивает не только адекватное снабжение трансплантированных адипоцитов кислородом, питанием и кровью, но также облегчает интеграцию жирового трансплантата с окружающими тканями. Несколько исследований продемонстрировали факт того, что кровеносные сосуды могут контролировать пролиферацию жировой ткани, являясь решающим фактором возникновения липогенеза [22].

ОТП обладает противовоспалительными свойствами, которые уменьшают воспаление и отек, предотвращая дегенерацию пересаженного жира. Трансформирующий фактор роста бета, моноцитарный хемотаксический протеин 1 и VEGF являются ключевыми факторами, которые помогают воспалительным клеткам удалять травмирующие бактерии и некротические ткани, что создает благоприятную среду для выживания и дифференцировки адипоцитов [23].

TGF- и IGF-1 в составе ОТП стимулируют дифференцировку и пролиферацию стволовых клеток, полученных из жировой ткани, в зрелые адипоциты. Этот процесс инициирует формирование жирового трансплантата, а также имеет решающее значение для его выживания и интеграции [24,25].

Таблица 1.

Классификации обогащенной тромбоцитами плазмы

Изобретатели и время изобретения	Критерии и параметры классификации	Классификация ОТП			
Классификация Дохана Эренфеста. 2009 г.	На основе: плотности фибрина; содержания лейкоцитов; количества лейкоцитов.	Бедная лейкоцитами или чистая богатая тромбоцитами плазма			
		Богатая лейкоцитами и тромбоцитами плазма			
		Бедный лейкоцитами или чистый фибрин, богатый тромбоцитами			
		Лейкоцитарный и богатый тромбоцитами фибрин			
Классификация спортивной медицины по Мишре и др. 2012г.	Количество лейкоцитов; статус активации; концентрация лейкоцитов и тромбоцитов.	Тип 1	Концентрация тромбоцитов > базовый уровень Концентрация лейкоцитов > базовый уровень Неактивированный		
		Тип 2	Повышенная концентрация тромбоцитов Повышенная концентрация лейкоцитов Активированный		
		Тип 3	Повышенная концентрация тромбоцитов Нет лейкоцитов Неактивированный		
		Тип 4	Только повышенная концентрация тромбоцитов Активированный		
		Подтип (А;В) (Если концентрация не указана, подтип не отмечается)	А: концентрация тромбоцитов \geq 5-кратного исходного уровня		
			В: концентрация тромбоцитов < 5х исходный уровень		
Классификация PAW по ДеЛонг JM и др. 2012	Абсолютное количество тромбоцитов; статус активации; наличие нейтрофилов.	Пример: P(1~4) — x (x-экзогенная активация) — A α (A;B; α ; β)			
		-содержание таблеток/ μ L	P	P1 \leq базовый уровень	
				P2 > базовый уровень — 750,000	
				P3 > 750,000 — 1,250,000	
				P4 > 1,250,000	
		Методы активации	x	Экзогенная активация	
				Эндогенная активация	
		Общее количество лейкоцитов	A	> базовый уровень	
B	\leq базовый уровень				
Количество нейтрофилов	α	> базовый уровень			
		β	\leq базовый уровень		
Классификация PLRA Mautner K et al. 2015 г.	Тромбоциты; Лейкоциты; Эритроциты; Активация, и названа по начальным буквам параметров	Концентрация тромбоцитов	(клеток/мкл)		
		Содержание лейкоцитов	> 1%	Позитив	
			< 1%	Негатив	
		Концентрация нейтрофилов (%)	(Если присутствуют лейкоциты, следует указать процентное содержание нейтрофилов)		
		Содержани эритроцитов	> 1%	Позитив	
			< 1%	Негатив	
		Статус активации	Да	Позитив	
Нет	Негатив				

Изобретатели и время изобретения	Критерии и параметры классификации	Классификация ОТП		
Классификация DEPA Магалон и др. 2016 г.	Доза; Эффективность; Чистота; Активация	Доза вводимых тромбоцитов (миллиард)	A	>5
			B	3-5
			C	1-3
			D	<1
		Эффективность процесса (коэффициент восстановления тромбоцитов %)	A	>90
			B	70-90
			C	30-70
			D	<30
		Чистота ОТП (относительный состав в тромбоцитах %)	A	>90
			B	70-90
			C	30-70
			D	<30
Классификация МАРСПИЛЛ Лана ДжФСД и др. 2017г.	Метод; Активация; Красные кровяные тельца; Спин; Тромбоциты; Наведение изображения; Лейкоциты; Свет Активация.	Метод подготовки	H	Ручная работа
			M	Машина
		Статус активации	A+	Активированный
			A-	Не активирован
		концентрация лейкоцитов	РБК-Р	Rich
			РБК-П	Бедные
		Вращение устройства	Sp1	Один спин
			Sp2	Два спина
		Количество тромбоцитов (базальные складки)	PL 2-3	
			PL 4-6	
			PL 6-8	
			PL 8-10	
		Руководство по визуализации	G+	Руководство
			G-	Не руководствуется
		Концентрация лейкоцитов	Lc-R	Rich
			Lc-P	Бедные
Активация света	A+	Активированный		
	A-	Не активирован		
Классификация подкомитета по физиологии тромбоцитов Харрисон П. и др. 2018 г.	Эта классификация основана на относительном составе РБК и лейкоцитов, разделенных на 4 группы.	Богатая тромбоцитами плазма Красные клетки, богатые тромбоцитами плазма богатая лейкоцитами богатая тромбоцитами плазма Богатые красными клетками и лейкоцитами богатая тромбоцитами плазма	Метод активации	I. Без активации II. С активацией III. Замороженно размороженный препарат
			Концентрация плетений	A < 900 x 103 /µl B 900 — 1700 x 103 /µl C > 1700 x 103 /µl
			Техника подготовки	Методы гравитационного центрифугирования Стандартные ячеистые сепараторы Тромбоферез

Изобретатели и время изобретения	Критерии и параметры классификации	Классификация ОТП		
Классификация и система кодирования по Кону и др. 2020 г.	Эта система кодирования представляет собой последовательность из шести цифр, классифицированных попарно и указывающих на параметры состава тромбоцитов, их чистоту, состояние активации и добавление кальция.	N1	Пример: 0 = 0-100 000 тромбоцитов/мкл 1 = 100,000-200,000 тромбоцитов/мкл (После каждого дополнительного числа следует 100 000 тромбоцитов/мкл, до 10).	
		N2	Пример: 0 = 0-100 000 тромбоцитов/мкл 1 = 100,000-200,000 тромбоцитов/мкл (После каждого дополнительного числа следует 100 000 тромбоцитов/мкл, до 10).	
		N3	0 Отсутствие присутствия/следов (<1x10 ⁶ /μL) 1 Наличие (<1x10 ⁶ /μL)	
		N4	0	Меньше базового уровня
			1	1,01 — 2 x базовый уровень
			2	2,01 — 3 x базовый уровень
			3	3,01 — 4 x базовый уровень
			4	4.01 до 5-кратного базового уровня
			5	> 5x исходный уровень
		N5	0	Нет (эндогенная активация)
			1	Да
		N6	0	Нет
			1	Да

Примечание: N-количество.

После активации и применения ОТП оставшийся фибрин плазмы также можно использовать в качестве каркаса для стимулирования ремоделирования, отложения внеклеточного матрикса и регенерации тканей посредством экспрессии матриксных металлопротеиназ, улучшения структуры тканей [26].

Онкологическая безопасность

Вопрос онкологической безопасности ОТП обусловлен присутствием в ней многочисленных факторов роста и свойств, способствующих росту клеток. В настоящее время доступны только краткосрочное исследование с использованием ОТП при биопсии сторожевого узла [27] и долгосрочное исследование с использованием ОТП для лечения рубцов, вызванных устройствами подкожного венозного доступа у пациентов с РМЖ [28]. Результаты обоих исследований показали, что статистической значимости в отношении общей выживаемости, местной безрецидивной выживаемости и выживаемости без метастазов между обеими группами обнаружено не было. Это указывает на то, что ОТП оказывается инертной в отношении опухолей, не имеет местного

онкогенного потенциала и негативных онкологических эффектов. Однако, учитывая отсутствие исследований онкологической безопасности ОТП в сочетании с аутологичным жиром при РМЖ, необходимы дополнительные исследования по этому вопросу.

Интересно, что некоторые авторы скептически относятся к онкобезопасности ОТП и для объяснения обеспокоенности выдвигают следующие моменты [29]:

1. взаимодействие опухолевых клеток, опосредованное фактором роста тромбоцитов, способствует росту клеток;
2. факторы роста могут влиять на прогноз опухоли;
3. злокачественная строма опухоли молочной железы может запускать внутрипросветную пролиферацию клеток РМЖ и ангиогенез через сигнальный путь.

Но важно отметить, что конкретная роль факторов роста в патогенезе РМЖ сложна и зависит от контекста. Их эффект определяется такими факторами, как: стадия рака, конкретный подтип, наличие или отсутствие других сопутствующих генетических мутаций, местное

микроокружение. Кроме того, сложная смесь различных факторов роста, цитокинов и других биомолекул в ОТП имеет разные конкретные условия использования, а их польза и вред также могут зависеть от взаимодействия различных механизмов в определенных средах, что еще не полностью изучено. Более того, изменение местной обстановки после пересадки аутологичной жировой ткани также может повлиять на результат. Однако, поскольку эти злокачественные трансформации ОТП являются лишь гипотетическими, точные механизмы должны быть подтверждены.

Обсуждение

На сегодняшний день исследования ОТП относительно хорошо развиты, но количество исследований для повышения выживаемости и удержания жировых трансплантатов очень мало по сравнению с исследованиями ОТП для других целей. Существуют некоторые проблемы, которые необходимо решить, например: 1) оптимальная концентрация тромбоцитов в ОТП 2) общая классификация, достигающая международного консенсуса 3) удельное соотношение жира и ОТП 4) конкретные механизмы того, как ОТП работает на молекулярном уровне. 5) онкобезопасность использования ОТП у больных РМЖ.

Данные опасения не безосновательны, поскольку для пациентов с опухолями, прошедших пострадикальное лечение, следует принимать во внимание любую потенциальную возможность стимуляции рецидива опухоли. Необходимы дополнительные клинические исследования, чтобы полностью понять обоснованность предла-

гаемых в настоящее время механизмов и подтвердить из преимуществ и безопасность.

Заключение

Использование аутологичной трансплантации жира с помощью ОТП широко применяется в онкологии и пластической хирургии, предоставляя очень многообещающий вариант улучшения выживаемости жира. Основываясь на нашем обзоре литературы, мы обнаружили, что ОТП реализует свой эффект через множество механизмов, в том числе с участием тромбоцитарного фактора роста. Положительные моменты использования ОТП: увеличение выживаемости адипоцитов (ангиогенез, противовоспалительные эффекты, дифференцировка адипоцитов, пролиферация и ремоделирование внеклеточного матрикса). Однако в настоящее время нет единого мнения о конкретном механизме увеличения выживаемости жировой ткани. Из-за ограниченности существующих данных нам необходимо опираться на существующие результаты исследований, а также продолжить изучение «условий трансплантации аутологичного жира» в клинической среде, которая более подходит и более похожа на человеческое тело с целью эффективного проведения клинических исследований на людях. Дополнительные молекулярные и иммунологические исследования необходимы для выяснения онкологической безопасности и изучения более точных механизмов ОТП в повышении выживаемости и поддержания жировой ткани, чтобы максимизировать преимущества и возможности этой технологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sung, H. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries / H Sung, J Ferlay, RL Siegel, et al. // *CA: a cancer journal for clinicians*. — 2021. — Vol. 71, № 3. — P. 209–49.
2. Heer, E. Global burden and trends in premenopausal and postmenopausal breast cancer: a population-based study / E Heer, A Harper, N Escandor, et al. // *The Lancet Global health*. — 2020. — Vol. 8, № 8. — P. e1027–e37.
3. Heidari, M. The Relationship between Body Esteem and Hope and Mental Health in Breast Cancer Patients after Mastectomy / M Heidari, M Ghodusi // *Indian journal of palliative care*. — 2015. — Vol. 21, № 2. — P. 198–202.
4. Chen, W. Meta-analysis for psychological impact of breast reconstruction in patients with breast cancer / W Chen, X Lv, X Xu, et al. // *Breast cancer (Tokyo, Japan)*. — 2018. — Vol. 25, № 4. — P. 464–9.
5. Turner, A. Fat Grafting in Breast Reconstruction / A Turner, A Abu-Ghname, MJ Davis, et al. // *Seminars in plastic surgery*. — 2020. — Vol. 34, № 1. — P. 17–23.
6. Khouri, RK. Current Clinical Applications of Fat Grafting / RK Khouri, R Khouri // *Plastic and reconstructive surgery*. — 2017. — Vol. 140, № 3. — P. 466e–86e.
7. Veber, M. Radiographic findings after breast augmentation by autologous fat transfer / M Veber, C Tourasse, G Toussoun, M Moutran, A Mojallal // *Plastic and reconstructive surgery*. — 2011. — Vol. 127, № 3. — P. 1289–99.
8. Pinski, KS. Autologous fat transplantation. Long-term follow-up / KS Pinski, HH Roenigk // *The Journal of dermatologic surgery and oncology*. — 1992. — Vol. 18, № 3. — P. 179–84.
9. Dhurat, R. Principles and Methods of Preparation of Platelet-Rich Plasma: A Review and Author's Perspective / R Dhurat, M Sukesh // *Journal of cutaneous and aesthetic surgery*. — 2014. — Vol. 7, № 4. — P. 189–97.
10. Sclafani, AP. Induction of dermal collagenesis, angiogenesis, and adipogenesis in human skin by injection of platelet-rich fibrin matrix / AP Sclafani, SA McCormick // *Archives of facial plastic surgery*. — 2012. — Vol. 14, № 2. — P. 132–6.
11. Mishra, A. Sports medicine applications of platelet rich plasma / A Mishra, K Harmon, J Woodall, A Vieira // *Current pharmaceutical biotechnology*. — 2012. — Vol. 13, № 7. — P. 1185–95.
12. DeLong, JM. Platelet-rich plasma: the PAW classification system / JM DeLong, RP Russell, AD Mazzocca // *Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery: official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*. — 2012. — Vol. 28, № 7. — P. 998–1009.

13. Mautner, K. A call for a standard classification system for future biologic research: the rationale for new PRP nomenclature / K Mautner, GA Malanga, J Smith, et al // *PM & R: the journal of injury, function, and rehabilitation*. — 2015. — Vol. 7, № 4. — P. S53–s9.
14. Magalon, J. DEPA classification: a proposal for standardising PRP use and a retrospective application of available devices / J Magalon, AL Chateau, B Bertrand, et al. // *BMJ open sport & exercise medicine*. — 2016. — Vol. 2, № 1. — P. e000060.
15. Lana, J. Contributions for classification of platelet rich plasma — proposal of a new classification: MARSPIII / J Lana, J Purita, C Paulus, et al. // *Regenerative medicine*. — 2017. — Vol. 12, № 5. — P. 565–74.
16. Harrison, P. The use of platelets in regenerative medicine and proposal for a new classification system: guidance from the SSC of the ISTH / P Harrison // *Journal of thrombosis and haemostasis: JTH*. — 2018. — Vol. 16, № 9. — P. 1895–900.
17. Kon, E. Platelet-rich plasma for the treatment of knee osteoarthritis: an expert opinion and proposal for a novel classification and coding system / E Kon, B Di Matteo, D Delgado, et al. // *Expert opinion on biological therapy*. — 2020. — Vol. 20, № 12. — P. 1447–60.
18. Lubkowska, A. Growth factor content in PRP and their applicability in medicine / A Lubkowska, B Dolegowska, G Banfi // *Journal of biological regulators and homeostatic agents*. — 2012. — Vol. 26, № 2. — P. 3s–22s.
19. Sclafani, AP. Applications of platelet-rich fibrin matrix in facial plastic surgery / AP Sclafani // *Facial plastic surgery: FPS*. — 2009. — Vol. 25, № 4. — P. 270–6.
20. Lynch, SE. Role of platelet-derived growth factor in wound healing: synergistic effects with other growth factors / SE Lynch, JC Nixon, RB Colvin, HN Antoniadis // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. — 1987. — Vol. 84, № 21. — P. 7696–700.
21. Atashi, F. Does non-activated platelet-rich plasma (PRP) enhance fat graft outcome? An assessment with 3D CT-scan in mice / F Atashi, D André-Lévigne, DJ Colin, et al. // *Journal of plastic, reconstructive & aesthetic surgery: JPRAS*. — 2019. — Vol. 72, № 4. — P. 669–75.
22. Hausman, GJ. Adipose tissue angiogenesis / GJ Hausman, RL Richardson // *Journal of animal science*. — 2004. — Vol. 82, № 3. — P. 925–34.
23. El-Sharkawy, H. Platelet-rich plasma: growth factors and pro- and anti-inflammatory properties / H El-Sharkawy, A Kantarci, J Deady, et al. // *Journal of periodontology*. — 2007. — Vol. 78, № 4. — P. 661–9.
24. Liao, HT. The Effects of Platelet-Rich Plasma on Cell Proliferation and Adipogenic Potential of Adipose-Derived Stem Cells / HT Liao, IB James, KG Marra, JP Rubin. // *Tissue engineering Part A*. — 2015. — Vol. 21. — P. 2714–22.
25. Mericli, AF. Breast Implants and Radiation / AF Mericli, SE Sharabi // *Seminars in plastic surgery*. — 2019. — Vol. 33, № 4. — P. 240–6.
26. Moroz, A. Platelet-rich plasma and chronic wounds: remaining fibronectin may influence matrix remodeling and regeneration success / A Moroz, E Deffune // *Cytotherapy*. — 2013. — Vol. 15, № 11. — P. 1436–9.
27. Eichler, C. Platelet-Rich Plasma (PRP) in Breast Cancer Patients: An Application Analysis of 163 Sentinel Lymph Node Biopsies / C Eichler, C Baucks, J Üner, et al // *BioMed research international*. — 2020. — P. 3432987.
28. Eichler, C. Platelet-rich plasma (PRP) in oncological patients: long-term oncological outcome analysis of the treatment of subcutaneous venous access device scars in 89 breast cancer patients / C Eichler, J Üner, F Thangarajah, et al // *Archives of gynecology and obstetrics*. — 2022. — Vol. 306, № 4. — P. 1171–6.
29. Spartalis, E. The «Yin and Yang» of Platelet-rich Plasma in Breast Reconstruction After Mastectomy or Lumpectomy for Breast Cancer / E Spartalis, DI Tsilimigras, P Charalampoudis, et al. // *Anticancer research*. — 2017. — Vol. 37, № 12. — P. 6557–62.

© Хоробрых Татьяна Витальевна (horobryh68@list.ru); Баранова Мадина Петровна (Protokosha@yandex.ru);
Ван Шовэнь (Drshuowen@gmail.com); Хэ Минцзэ (Hemingze97@gmail.com);
Горбунов Андрей Сергеевич (Pilulkin1966@mail.ru); Кулага Андрей Владимирович (Roncspint@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОРТОПЕДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДЕНТАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ ПРИ АУГМЕНТАЦИИ КОСТНОЙ ТКАНИ АЛЬВЕОЛЯРНОГО ОТРОСТКА (ЧАСТИ) ЧЕЛЮСТИ МЕТОДОМ АУТОПЛАСТИКИ И НАПРАВЛЕННОЙ КОСТНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ

ORTHOPEDIC ASPECTS OF DENTAL IMPLANTATION DURING BONE AUGMENTATION OF THE ALVEOLAR PROCESS (PART) OF THE JAW BY AUTOPLASTY AND DIRECTED BONE REGENERATION

*Yu. Tsvetkov
S. Bessonov*

Summary. This study presents the results of orthopedic characteristics of the installation of dental implants in the augmented jaw tissue by autoplasty and guided bone regeneration. The stability of dental implants was studied 4 and 6 months after surgery, the characteristics of the main orthopedic structures on dental implants were described, an algorithm for interaction between a dental surgeon and an orthopedist was developed as part of an integrated approach, practical recommendations were given for planning surgical and orthopedic treatment of a patient on dental implants during bone augmentation of the jaw.

Keywords: jaw bone augmentation, autoplasty, targeted bone regeneration, stability of dental implants.

Цветков Юрий Андреевич

Аспирант, ФГБОУ ВО Ярославский медицинский университет Минздрава России
stomcvet@yandex.ru

Бессонов Сергей Николаевич

доктор медицинских наук, Ярославский Государственный Медицинский Университет

Аннотация. В данном исследовании представлены результаты ортопедических характеристик установки дентальных имплантов в аугментированную ткань челюсти методом аутопластики и направленной костной регенерации. Изучена стабильность дентальных имплантов через 4 и 6 месяцев после операции, описаны характеристики основных ортопедических конструкций на дентальных имплантах, разработан алгоритм взаимодействия хирурга стоматолога и ортопеда в рамках комплексного подхода, даны практические рекомендации для планирования хирургического и ортопедического лечения пациента на дентальных имплантах при аугментации костной ткани челюсти.

Ключевые слова: аугментация костной ткани челюсти, аутопластика, направленная костная регенерация, стабильность дентальных имплантов.

Введение

Актуальность исследования подтверждает востребованный спрос на пациентов на несъемное (условно-съемное) ортопедическое лечение. В случае атрофии альвеолярного отростка полной беззубой челюсти единственным выходом остается установка имплантатов адекватного размера в качественную и количественно необходимую костную ткань, что позволяет в дальнейшем установить имплантат в необходимую ортопедическую позицию и задать нужный наклон [1,2,5,9]. При протезировании пациентов с частичной и полной вторичной адентией после аугментации костной ткани и дентальной имплантации часто приходится сталкиваться со следующими особенностями: выраженная клиническая высота будущей ортопедической конструкции, увеличенная и внеосевая нагрузка на имплантат и фиксирующий винт, что требует использования самых современных технологий: компьютерное моделирование шаблонов установки имплантатов, применение мультиюнит-абатментов в качестве опоры, использование

съемных или условно-съемных конструкций. Только такой тип опоры ортопедических конструкций позволяет избежать съемного протезирования [1,2,3,4,8,9]. Практически более половины случаев дентальной имплантации диктуют необходимость применения операций аугментации из-за невозможности установки дентальных имплантов адекватного размера. Наиболее сложные клинические случаи при тяжелой степени атрофии, полной вторичной адентии требуют применения современных костнозамещающих материалов [3,5,6,8,9]. В данном контексте необходимо тщательное планирование операции с пониманием размеров и расположения имплантата [4], а также контроль степени остеоинтеграции в динамике.

Цель исследования

Разработать алгоритм взаимодействия хирурга и ортопеда при планировании комплексного лечения пациента с атрофией альвеолярного отростка (части) челюсти.

Задачи исследования

- Провести анализ стабильности дентальных имплантов после операции через 4 мес. и 6 мес.
- изучить характеристики ортопедических конструкций после аугментации костной ткани челюсти,
- определить распространенность осложнений при протезировании на дентальных имплантах в аугментированной костной ткани челюсти.
- разработать алгоритм взаимодействия хирурга и ортопеда при планировании комплексного лечения пациента с атрофией альвеолярного отростка (части) челюсти.

Материалы и методы

Было проведено обследование 48 пациентов возрастной группы 35–55 лет с (29 женщин и 19 мужчин) с атрофией альвеолярного отростка (части) челюсти, которым была проведена операция аугментации костной ткани челюсти с последующей дентальной имплантацией. Первая группа исследования состояла из 21 пациента, которым была проведена операция аутопластики с использованием собственных внутриротовых блоков, а также костной стружки. Вторая группа исследования состояла из 24 пациентов, которым была проведена операция направленной регенерации костной ткани с применением костнозамещающих материалов. Критериями включения являлись: отсутствие хронических заболеваний в стадии обострения, общесоматических заболеваний в стадии декомпенсации, в том числе диабета 1 степени, отсутствие онкологических заболеваний, остеопороза. Всем пациентам было выполнено рентгенологическое обследование методом конусно-лучевой компьютерной томографии перед операцией, через 6 месяцев после аугментации костной ткани челюсти, а также после установки дентальных имплантов. После установки 76 имплантатов (34 после операции аутопластики (всего было 21 операций) и 42 после операции НРК (всего было 27 операций), были проанализированы жалобы пациентов, собранные методом анкетирования, изучена их удовлетворенность ортопедической конструкцией. Измерение стабильности дентальных имплантов в аугментированной костной ткани проводилось на аппарате «Периотест М». Данные заносились в таблицу. На этапе примерки ортопедической конструкции фиксировались: нагрузка на фиксирующий винт имплантата под углом; эстетические проблемы в связи с несоответствием позиции импланта и места расположения коронки; выход шахты в коронках на вестибулярную или оральную стороны; непараллельность имплантатов.

Всем пациентам были изготовлены методом 3D печати навигационные хирургические шаблоны с предварительной моделировкой зубным техником примерного расположения будущей ортопедической конструкции,

анализ с программой компьютерной томографии челюстей. Всем пациентам было проведено ортопедическое лечение.

В качестве метода статистической обработки данных применялись статистическое специально организованное наблюдение, а также сводка и группировка материалов статистического наблюдения.

Содержание

Основной ортопедической задачей может являться достаточно высокая клиническая высота коронковой части будущей конструкции. Причина этому -атрофия костной ткани, а операции наращивания костной ткани, как правило, неспособны полностью компенсировать резорбированную часть альвеолярного отростка в вертикальном направлении. Проявлением этой проблемы является повышенная нагрузка на фиксирующий винт конструкции, в связи с несоответствием клинической высоты коронки и длины имплантата, а также осложнённая гигиена. Решения этой проблемы существуют такие как:

- Использование мультиюнит-абатментов, для опоры несъёмной конструкции (коронки), с помощью которых ортопедическая платформа переносится с самого имплантата, на поверхность абатмента после его установки (принцип переключения платформ), и конструкция фиксируется уже непосредственно к данному мультиюнит-абатменту. Конструкция с данной фиксацией имеет в сумме два фиксирующих винта что увеличивает надёжность. Также, за счёт заданной на платформе мультиюнит-абатментов конусностью, а также наличия угловых с разной величиной наклона, обеспечивается пассивная посадка конструкции даже на винтовой фиксации с непараллельными имплантатами.
- Использование более лёгких и более упругих конструкций:

Условно съёмное протезирование цельно композитными конструкциям или композитными конструкциями с опорой на титановую балку. Основным показанием к таким конструкциям является значительная атрофия костной ткани и десны в вертикальном направлении. В данном варианте после установки мультиюнит абатментов в полости рта и снятия оттисков, изготавливается титановая или цельно композитная балочная конструкция с нанесением технического композитного материала. Преимуществом является сниженная нагрузка на сами имплантаты и фиксирующие винты. Также другим плюсом является возможность в любой момент времени это цельно снимать конструкцию без ее повреждения и проводить гигиеническую обработку, предотвращая дальнейшие осложнения. При этом, конструкция сохра-

няет удобство для пациента, так как не требует ежедневного снятия конструкции и жестко фиксирована в полости рта. Для данной методики необходима установка 4 имплантатов и более [1,3,4].

Основным показанием к съёмным балочным протезам с укорочёнными границами, а также телескопическими протезами является значительная атрофия костной ткани и десны в вертикальном направлении при наличии малого количества имплантатов. Для изготовления съёмного балочного протеза достаточно установки даже 4 имплантатов чтобы восстановить целостность всего зубного ряда, так как такой протез является съёмным видом протезирования и имеет значительную опору на протезное ложе в отличие от условно-съёмных протезов. Огромным преимуществом служит ежедневное самостоятельное снятие пациентом данной конструкции, что улучшает уход за ней.

Телескопические съёмные протезы имеют аналогичные показания и преимущества, как и у съёмных балочных протезов. Однако хотелось бы отметить отличие и преимущество данного вида протезирования это возможность использовать в опору сохранившиеся здоровые зубы, покрывая их телескопическими коронками. Это, пожалуй, единственный ремонтпригодный протез, который позволяет объединить в одной конструкции в опору, и зубы, и имплантаты, не вызывая осложнений, таких как, перегрузка пародонта зуба или костной ткани вокруг импланта. Такой протез не имеет жёсткой фиксации между опорами и распределяет значительную нагрузку на ткани протезного ложа, являясь съёмным протезом.

Таким, образом, при планировании постоянной ортопедической конструкции, основными критериями являются определение степени интеграции импланта, его размеры, позиция, нагрузка на фиксирующий винт имплантата под углом, эстетические проблемы, выход шахты в коронках на вестибулярную или оральную стороны, непараллельность имплантатов, что вызывает сложности с использованием винтовой фиксации.

Результаты и обсуждение

Данные демонстрируют, что через 4 месяца средние показатели первичной стабильности имплантатов у пациентов первой группы аутопластики достоверно выше и составляют — единиц. Предел колебаний имел следующие значения: минимальное значение + 4,9 единиц, а максимальное положительное значение положительное значение -8,0 единиц. Зарегистрировано два случая снижения вторичной стабильности с показателем +2,3 +1,3. Один случай дезинтеграции с показателем более 11,2. Среднее значение на группу составило — 3,6.

У пациентов второй группы предел колебаний через 4 месяца составил -8,0 единиц + 8,7 единиц. Зарегистрирован три случая незначительной дезинтеграции и один случай дезинтеграции с показателем +12,6. Среднее значение на группу составило — 2,4. Через 6 месяцев средние показатели вторичной стабильности имплантатов у пациентов первой и второй группы сравнивались со средним значением.

На этапе примерки ортопедической конструкции, фиксировались следующие результаты:

- В первой группе исследования, регистрировались:
- нагрузка на фиксирующий винт имплантата под углом 3 случаях (6,3 %).
 - эстетические проблемы в связи с несоответствием позиции импланта и места расположения коронки в 7 (14,7 %) случаях.
 - выход шахты в коронках на вестибулярную или оральную стороны в 2 случаях (4,2 %);
 - непараллельность имплантатов (что вызывает сложности с использованием винтовой фиксации) в 9 случаях (18,9 %).

- Во второй группе исследования, регистрировались:
- нагрузка на фиксирующий винт имплантата под углом 7 (18,8 %) случаях; — эстетические проблемы в связи с несоответствием позиции импланта и места расположения коронки в 11 случаях (29,9 %).
 - выход шахты в коронках на вестибулярную или оральную стороны в 4 случаях (10,8);
 - непараллельность имплантатов в 13 случаях (3,51 %).

Статистически более выгодные результаты, зарегистрированные в случаях при операции аутопластики позволили установить адекватные по размеру длине и ширине имплантаты и соответственно, изготовить более легкие и удобные ортопедические конструкции.

Выводы

Как видно из представленных данных, стабильность дентальных имплантатов имела незначительные различия средних показателей стабильности между пациентами двух групп через 6 мес. Но имеется существенная разница в пределах колебаний значений через 4 месяца. Было отмечено более высокие показатели первичной стабильности имплантатов у пациентов первой группы аутопластики.

Распространенность осложнений, в группе аутопластики была менее выражена. Высокая интеграция импланта в аугментированной костной ткани на ранних этапах после дентальной имплантации методом аутопластики позволила изготовить

Таким образом, правильно организованный процесс планирования операции имплантации после аугментации костной ткани позволяет решить ортопедические сложности и эстетические проблемы, изготовить более легкие и удобные конструкции, включает в себя следующий алгоритм: консилиумный подход врача хирурга, стоматолога-ортопеда, зубного техника, использование 3D шаблона, предварительной восковой моделировки, регистрации прикуса, измерение стабильности денальных имплантов на этапе фиксации формирователя

десны (4 мес.) и на этапе изготовления ортопедической конструкции (6 мес.).

Вышеперечисленные мероприятия снижают распространенность осложнений при ортопедическом лечении такие как: нагрузка на фиксирующий винт имплантата под углом, эстетические проблемы в связи с несоответствием позиции импланта и места расположения коронки, выход шахты в коронках на вестибулярную или оральную стороны, непараллельность имплантатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жидовинов А.В., Глоденко Д.А. Дентальная имплантация как оптимальный способ фиксации съемных протезов // Прикаспийский вестник медицины и фармации. 2021. №2. С. 57–63.
2. Захарова Е.В., Клименко Р.И., Гашимов К.И.О., Дзгоев У.А. Обзор методов реабилитации пациентов с отсутствием зубов и выраженной редукцией альвеолярного отростка верхней челюсти // Медицина. Социология. Философия. Прикладные исследования. 2020. №4. С. 14.
3. Кулаков А.А., Гветадзе Р.Ш., Вербо Е.В., Буцан С.Б., Брайловская Т.В., Абрамян С.В. Клинические возможности применения денальных имплантатов в стоматологической реабилитации пациентов с дефектами и атрофией костной ткани челюстей (научно-аналитический обзор клинической практики) // Российский вестник денальной имплантологии. — 2010. — № 1(21). — С. 12–20.
4. Лосев Ф.Ф., Смурова Л.Ф. Буланникова А.С. Предварительное планирование костной пластики и имплантации при дефектах и атрофии альвеолярных отростков челюстей // Российский вестник денальной имплантологии. — 2003. — № 3/4. — С. 34–36.
5. Параскевич В.Л. Дентальная имплантология: Основы теории и практики. — 3-е изд.-М.: ООО «Медицинское информационное агенство», 2011. — 400 с.
6. Kumar, P.; Fathima, G.; Viniitha, B. Bone grafts in dentistry. J. Pharm. Bioallied Sci. 2013, 5, 125–127.
7. Zhao R, Yang R, Cooper PR, Khurshid Z, Shavandi A, Ratnayake J. Bone Grafts and Substitutes in Dentistry: A Review of Current Trends and Developments. Molecules. 2021 May 18;26(10):3007. doi: 10.3390/molecules26103007. PMID: 34070157; PMCID: PMC8158510.
8. Wang, W.; Yeung, K.W. Bone grafts and biomaterials substitutes for bone defect repair: A review. Bioact. Mater. 2017, 2, 224–247.
9. Elsalanty, M.E.; Genecov, D.G. Bone Grafts in Craniofacial Surgery. Craniomaxillofacial Trauma Reconstr. 2009, 2, p.125–134.

© Цветков Юрий Андреевич (stomcvet@yandex.ru); Бессонов Сергей Николаевич
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

Наши авторы

Abbasova M. — PHD in Biology, assistant professor, leading researcher, Institute of Physiology named after Academician Abdulla Garayev Ministry of Science and Education of the Republic Azerbaijan

Abdourahman D. — Financial University under the Government of the Russian Federation, Department of Information Security, postgraduate student, Moscow, Russia

Abdulvaapova N. — Medical Academy named after S.I. Georgievsky, Federal State Educational Institution of Higher Education «V.I. Vernadsky KFU»

Amelyutin E. — docent, MIREA — Russian Technological University

Amlieva E. — laboratory assistant NOL «Biotechnology of agricultural plants for regenerative agriculture» A.A. Kadyrov Chechen State University

Anishchenko V. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Novosibirsk State Medical University» of the Ministry of Health of Russia

Arkhireev A. — Postgraduate student, Russian State Social University, Moscow

Artyushkov V. — candidate of Medical Sciences, obstetrician-gynecologist of the highest category of the gynecological department, «Regional Clinical Hospital No2 of the Ministry of Health Krasnodar Region

Askerov Z. — postgraduate student, National Research Nuclear University MEPhI, Moscow

Atlasov I. — Doctor of Sciences, Professor, V.Ya. Kikot Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia

Azarenko N. — Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Bryansk State University of Engineering and Technology Informatics

Balakina A. — Assistant, Medical Academy named after S.I. Georgievsky, Federal State Educational Institution of Higher Education «V.I. Vernadsky KFU»

Baranova M. — candidate of medical sciences, assistant Professor of the Department of Faculty Surgery No.2 named after G.I. Lukomsky, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Head of the Surgical Department of Breast and Skin Tumors of the Faculty Surgery Clinic No. 2

Our authors

of the University Clinical Hospital No. 4 of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Assistant of the Department of Faculty Surgery No. 2 named after G.I. Lukomsky of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University

Bazhenov A. — Assistant, Volga Region State University of Telecommunications and Informatics, Samara

Bessonov S. — Doctor of Medical Sciences, Yaroslavl State Medical University

Biryukova A. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Russian Technological University (RTU MIREA), Moscow

Blinov V. — MIREA — Russian Technological University

Bogonina O. — C.m.s., Docent, Penza State University

Bondarenko S. — Assistant, Bryansk State University of Engineering and Technology

Buchelnikov M. — associate Professor, Siberian State University of Water Transport, Novosibirsk

Chadova I. — Ph. D., associate professor, North-Caucasus federal university

Chubetsova R. — Postgraduate, North Ossetian State Medical Academy, Vladikavkaz

Druzhinina O. — postgraduate student, Siberian State University of Water Transport, Novosibirsk

Dzgoev A. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, RTU MIREA

Dzhepparova S. — Medical Academy named after S.I. Georgievsky, Federal State Educational Institution of Higher Education «V.I. Vernadsky KFU»

Elin V. — Ph.D., Associate Professor, V.Ya. Kikot Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia; Financial University under the Government of the Russian Federation

Emelyanov E. — graduate, Technological University named after twice Hero of the Soviet Union, pilot-cosmonaut A.A. Leonov

Eremeeva A. — Penza State University

Gadzhiev A. — Ph.D professor, head of laboratory, Institute of Physiology named after Academician Abdulla Garayev Ministry of Science and Education of the Republic Azerbaijan

Glinkin M. — postgraduate, Moscow State University of Technology «Stankin»

Golikova D. — Chita State Medical Academy

Gorbunov A. — candidate of medical sciences, Associate Professor of the Department of Faculty Surgery No. 1 named after N.N. Burdenko of the First Sechenov Moscow State Medical University; Surgeon of the highest category - Surgical Department of the N.N. Burdenko Faculty Surgery Clinic University Clinical Hospital No. 1 of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University

Gorbunov A. — graduate student, Accredited educational private institution of higher education «Moscow Financial and Legal University MFLA»; senior developer, Click Group LLC

Grigoryan N. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Rostov State Medical University

Grigoryan N. — obstetrician-gynecologist of the gynecological department, «Regional Clinical Hospital No2 of the Ministry of Health Krasnodar Region

Grudanov N. — postgraduate student, National Research Nuclear University «MEPhI»

Grudanova A. — Master's student at the National Research Nuclear University «MEPhI»

Guliyeva A. — researcher, Institute of Physiology named after Academician Abdulla Garayev Ministry of Science and Education of the Republic Azerbaijan

Gulyaev N. — Russian Technological University (RTU MIREA), Moscow

Guriev R. — Graduate student, North-Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University)

Gusenkadieva K. — graduate student, Dagestan State Medical University

He Mingze — Postgraduate student at the Institute of Urology and Human Reproductive Health of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University; Department of Urology No.2 R.M. Fronstein Urology Clinic of the University Clinical Hospital No. 2 of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University

Kalitsova M. — Assistant professor, North Ossetian State Medical Academy, Vladikavkaz

Karaseva A. — Russian Technological University (RTU MIREA), Moscow

Karatsev S. — undergraduate student, North-Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University)

Kasymov A. — Postgraduate student, Voronezh State Technical University

Katman M. — Chita State Medical Academy

Kaziev T. — Postgraduate, North Ossetian State Medical Academy, Vladikavkaz

Khalyapin L. — Russian Technological University (RTU MIREA), Moscow

Khokh A. — Head of the Laboratory of Materials, Substances and Products Research Scientific and Practical Centre of The State Forensic Examination Committee of The Republic of Belarus

Khorobrykh T. — doctor of medical sciences, professor of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Faculty Surgery No. 2 named after G.I. Lukomsky of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Director of the Clinic of Faculty Surgery No. 2 of the University Clinical Hospital No. 4 of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Head of the Department of Faculty Surgery No. 2 of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University

Kim D. — Ph.D. assistant, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Novosibirsk State Medical University» of the Ministry of Health of Russia

Kolesnikov A. — Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Kolmykov D. — graduate student, Russian Biotechnological University, Moscow

Kondrashov D. — PhD Student, Surgut State University

Korzhuik A. — obstetrician-gynecologist of the gynecological department, «Regional Clinical Hospital No2 of the Ministry of Health Krasnodar Region

Kostrigina E. — Senior Lecturer, Penza State University

Kravtsov M. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Togliatti State University»

Kryazhevskikh V. — Russian Technological University (RTU MIREA), Moscow

Kulaga A. — candidate of medical sciences, Assistant Professor of the Department of Faculty Surgery No. 2 named after G.I. Lukomsky, I.M. Sechenov First Moscow State

Medical University, Oncologist, mammologist, surgeon, oncologist. Surgical Department of Breast and Skin Tumors of the Faculty Surgery Clinic No. 2 of the University Clinical Hospital No. 4 of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University

Kurbatova M. — Penza State University

Kuznetsova M. — Doctor of Economics, Professor, «Moscow Financial and Legal University MFUA»

Logunova N. — Associate Professor, Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH)

Lysenko A. — PhD student, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin

Magankov K. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bryansk State Engineering and Technological University»

Medoev V. — Assistant professor, North Ossetian State Medical Academy, Vladikavkaz

Mindzaeva E. — Assistant professor, North Ossetian State Medical Academy, Vladikavkaz

Nikitin A. — postgraduate student, Siberian State University of Water Transport, Novosibirsk

Normatov R. — postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Novosibirsk State Medical University» of the Ministry of Health of Russia

Novoselova O. — Ph.D. of Engineering Sciences, Associate Professor, Moscow State University of Technology «Stankin»

Obelentseva A. — Postgraduate student, Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH)

Orlova D. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Togliatti State University»

Patrushev P. — postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Novosibirsk State Medical University» of the Ministry of Health of Russia

Petrovskaya I. — Junior researcher, graduate student, State Scientific Center of Virology and Biotechnology «Vector» of Rospotrebnadzor, R.P. Koltsovo, Novosibirsk region

Plotnikov G. — Doctor of Sciences, Professor, V.Ya. Kikot Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia

Polenok M. — Assistant, Bryansk State University of Engineering and Technology

Polyakov A. — Postgraduate student, «Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH)»

Ponomarev V. — Dr. Sci. (Med.), Prof. of the Department of obstetrics, gynecology and perinatology, Kuban State Medical University; Head of the gynecological department «Regional Clinical Hospital No2 of the Ministry of Health Krasnodar Region

Radzhabov S. — Doctor, Dagestan State Medical University

Rasulov I. — Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Dagestan State Medical University

Roshchin E. — Candidate of Medical Sciences, Chief Physician, Orthopedic dentist, orthodontist, Sdi dent Clinic

Ryabtsev N. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bryansk State Engineering and Technological University»

Sargsyan J. — Rostov State Medical University

Selin A. — docent, MIREA — Russian Technological University

Shmygal I. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kursk State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Skalozubov M. — Russian Technological University (RTU MIREA), Moscow

Smolyaninova O. — Assistant, Penza State University

Smolyanitskaya A. — Rostov State Medical University

Tishkov D. — PhD, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kursk State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Totikov V. — Dr.med., professor, North Ossetian State Medical Academy, Vladikavkaz

Totikov Z. — Dr.med, professor, North Ossetian State Medical Academy, Vladikavkaz

Totikova I. — Postgraduate, North Ossetian State Medical Academy, Vladikavkaz

Tsvetkov Yu. — Postgraduate student, Yaroslavl State Medical University

Turlova F. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, A.A. Kadyrov Chechen State University

Usaeva Y. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor, A.A. Kadyrov Chechen State University

Vengerenko M. — candidate of Medical Sciences, obstetrician-gynecologist of the highest category, «Regional Clinical Hospital No2 of the Ministry of Health Krasnodar Region

Wang Shuowen — Postgraduate student, Department of Faculty Surgery No. 2 named after G.I. Lukomsky of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University; Surgical Department of Breast and Skin Tumors of the Faculty Surgery Clinic No. 2 of the University Clinical Hospital No. 4 of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University

Yashnova N. — Chita State Medical Academy

Zamyatin Yu. — Penza State University

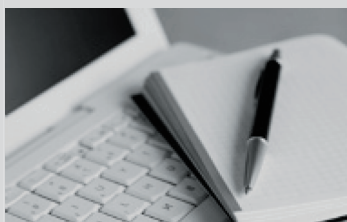
Zaripova E. — Ph.D., Associate Professor, V.Ya. Kikot Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia; MIREA — Russian University of Technology

Zorichev V. — Master's student at the National Research Nuclear University «MEPhI»

Zueva A. — PhD, Associate Professor, MIREA — Russian Technological University

Zvyagintsev V. — PhD (Biology), Assistant Professor, Belarusian State Technological 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).